

PAR COURRIEL

Québec, le 18 mars 2024

Objet : Demande d'accès n° 2024-02-079 – Lettre de réponse

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'accès, reçue le 21 février dernier, concernant toutes les versions du document intitulé « Présence des composés alkyles per- et polyfluoroalkylés (PFAS) dans les eaux du lac Memphrémagog (Rapport d'analyse : campagne 2021), incluant la toute première version du rapport soumise au ministère par M. Lounès Haroune, avant toute modification et tous les échanges par courriels abordant la production, les modifications ou les commentaires sur le document impliquant tout représentant du ministère de l'Environnement, de Memphrémagog Conservation (MCI), du Conseil de gouvernance des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF), de même que M. Lounès Haroune.

Les documents suivants sont accessibles. Il s'agit de :

1. Demande d'avis pour un rapport sur les PFAS dans l'eau de surface, 4 pages;
2. TR Rapport V2., 6 pages;
3. TR Rapport., 6 pages;
4. Rapport_d'analyse_cogesaf_Qc_Ca_version_1, 37 pages.

Vous noterez que, dans certains documents, des renseignements ont été masqués en vertu des articles 37, 53 et 54 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, chapitre A-2.1).

De plus, nous vous informons que nous ne pouvons pas vous remettre certains documents demandés. Notre décision s'appuie sur l'article 9 de la Loi.

Conformément à l'article 51 de la Loi, nous vous informons que vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours ainsi qu'une copie des articles précités de la Loi.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec M. Comlan Eli-Eli N'Soukpoé, analyste responsable de votre dossier, à l'adresse courriel

ComlanEli-Eli.NSoukpoe@environnement.gouv.qc.ca, en mentionnant le numéro de
votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Pour le directeur,

Original signé par

Martin Dorion

p. j. 7

N'Soukpoé, Comlan Eli-Eli

De: Desrosiers, Mélanie
Envoyé: 26 octobre 2022 19:01
À: Munoz, Gabriel
Cc: Grenon, Marie-Claire; Mueller, Kristin
Objet: Demande d'avis pour un rapport sur les PFAS dans l'eau de surface
Pièces jointes: Rapport_d'analyse_cogesaf_Qc_Ca_version_1.docx

Bonjour Gabriel,

J'ai discuté ce matin avec Philippe Cantin sur un sujet qui n'a rien à voir avec les PFAS, mais il m'a mentionné ce rapport qu'il venait de recevoir pour commentaires et il aimerait qu'on le regarde également (directement dans le fichier en mode correction). Il s'agit d'un rapport de caractérisation des PFAS dans les eaux du lac Memphrémagog suite à la controverse dans l'eau potable qu'il y a eu l'an dernier. C'est un rapport pour la direction régionale, mais qui a été rédigé à l'externe, probablement par des gens qui ne sont pas des spécialistes des PFAS. De plus, les analyses ont été effectuées par Bureau Veritas, car c'était au moment où il y a eu de notre côté de soucis avec les blancs. À ma connaissance, c'est le seul laboratoire privé actuellement accrédité pour ça. Bref, ta connaissance sur les PFAS va permettre de repérer les erreurs. De mon côté, je vais également y jeter un œil à la demande de Philippe parce que j'avais fait des suggestions pour l'échantillonnage.

Étant donné les délais serrés, probablement le milieu de la semaine prochaine, je t'ai envoyé un lien pour que l'on puisse travailler sur la même version simultanément. Je mets le fichier en c. c. pour que nos chefs de division sachent de quoi il est question. Elles sont toutes les deux déjà au courant.

Je fais un allée retour à Montréal demain en bus, je vais essayer de regarder cela en chemin si j'ai du WIFI.

Cordialement,

Mélanie

Mélanie Desrosiers, PhD
Écotoxicologue

Division Écotoxicologie et évaluation du risque
Direction générale de la Coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

2700, rue Einstein, bureau D-2-216
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 339

Cellulaire : **53-54**
melanie.desrosiers@environnement.gouv.qc.ca
www.ceaeq.gouv.qc.ca

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé : 26 octobre 2022 12:36
À : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>
Cc : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Rapport

Bonjour Mélanie,

Voici le rapport dont nous avons parlé ce matin. Daniel ou moi te reviendrons pour une date d'échéance. J'ai toutefois l'impression qu'il faudrait que ce soit fait pour le milieu de la semaine prochaine.

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 26 octobre 2022 12:19

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Parfait, tu pourras m'envoyer une invitation, mon calendrier est à jour.
Tu peux transférer directement le document à Mélanie. Elle pourra m'envoyer ses commentaires.
Merci beaucoup pour les démarches.

Au plaisir

Daniel

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 26 octobre 2022 12:11

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Bonjour Daniel,

Il serait utile de demander à Mélanie Desrosiers au CEAEQ de regarder le rapport. Elle a une expertise sur les PFAS et je lui en ai glissé un mot. Elle pourrait aussi le montrer aux chimistes du CEAEQ spécialisés dans les PFAS parce que le rapport semble contenir beaucoup d'information sur l'analyse et l'échantillonnage.

Par ailleurs, je pourrai le regarder également la semaine prochaine.

J'aimerais qu'on se parle quelques minutes sur Teams des suites de ce rapport.

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 25 octobre 2022 11:37

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : TR: Rapport

Bonjour Philippe,

David Berryman m'a conseillé de te contacter pour cette demande.

Voici le rapport sur les analyses de PFAS que nous avons fait faire à l'été 2021 pour le lac Memphrémagog.

Nous avons mandaté quelqu'un à l'externe pour rédiger le rapport.

Est-ce que tu crois que quelqu'un de ta direction serait en mesure de le lire et me faire part de ses commentaires sur le rapport s.v.p.

Un grand merci et au plaisir

Daniel

De : Lounes Haroune <Lounes.Haroune@USherbrooke.ca>

Envoyé : 19 octobre 2022 10:49

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Julie Grenier <julie@cogesaf.qc.ca>; Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Attention! Ce courriel provient d'une source externe.

Bonjour Daniel,

Veillez trouver ci-joint le rapport demandé.

Malheureusement, j'étais en attente d'information complémentaire, mais je pourrais les intégrer par la suite, car cela ne nuira pas à la lecture.

Je serais en mesure d'effectuer d'intégrer les commentaires très rapidement avec les itérations suivantes.

Restant à disposition,

Bien cordialement,

Lounès Haroune

From: Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Sent: Friday, October 14, 2022 1:56 PM

To: Lounes Haroune <Lounes.Haroune@USherbrooke.ca>

Cc: Julie Grenier <julie@cogesaf.qc.ca>; Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Subject: Rapport



Bonjour Lounes,

Nous devons obtenir le rapport dans les plus brefs délais. Nous déposerons ce rapport lors de la rencontre du comité Qc-Vt du 10 novembre prochain. D'ici là, il faudra l'avoir commenté et s'assurer que les commentaires soient intégrés au rapport.

Merci

Daniel Tremblay

Adjoint exécutif

Direction générale de l'analyse et de l'expertise du Centre et du Sud

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

201, place Charles-Le Moyne, 2^e étage, Longueuil (Québec) J4K 2T5

C : **53-54**

www.environnement.gouv.qc.ca

N'Soukpoé, Comlan Eli-Eli

De: Munoz, Gabriel
Envoyé: 20 janvier 2023 14:24
À: Grenon, Marie-Claire
Objet: TR : Rapport V2
Pièces jointes: Rapport_d'analyse_cogesaf_Qc_Ca_version_2_MD_PC_DB.docx

Pour information

Gabriel Munoz, PhD
Division de la chimie organique du milieu
Direction générale de la coordination scientifique et du CEAEQ
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
2700, rue Einstein, bureau B.2.104.3
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 241
Courriel : Gabriel.Munoz@environnement.gouv.qc.ca

De : [Berryman, David](#)
Envoyé le : 20 janvier 2023 14:09
À : [Tremblay, Daniel](#)
Cc : [Provost, Nathalie](#); [Schnebelen, Marion](#); [Munoz, Gabriel](#); [Triffault-Bouchet, Gaëlle](#); [Mueller, Kristin](#); [Desrosiers, Mélanie](#); [Guay, Simon \(DEPES\)](#); [Cantin, Philippe](#); [Schnebelen, Marion](#)
Objet : RE: Rapport V2

Oups! Voici le fichier.

De : Berryman, David
Envoyé : 20 janvier 2023 13:54
À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Munoz, Gabriel <Gabriel.Munoz@environnement.gouv.qc.ca>; Triffault-Bouchet, Gaëlle <Gaelle.Triffault-Bouchet@environnement.gouv.qc.ca>; Mueller, Kristin <Kristin.Mueller@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Guay, Simon (DEPES) <Simon.Guay2@environnement.gouv.qc.ca>; Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Rapport V2

Bonjour Daniel,

J'ai ajouté mes commentaires.

37

David Berryman, coordonnateur du suivi de l'état des cours d'eau
Direction de la qualité des milieux aquatiques
Direction générale du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
675, boul. René-Lévesque Est, 7^e étage, boîte 22
Québec, QC

G1R 5V7

Tél : 418-521-3820 poste 4725 - en télétravail
david.berryman@environnement.gouv.qc.ca

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 16 janvier 2023 12:12

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>; Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Munoz, Gabriel <Gabriel.Munoz@environnement.gouv.qc.ca>; Triffault-Bouchet, Gaëlle <Gaelle.Triffault-Bouchet@environnement.gouv.qc.ca>; Mueller, Kristin <Kristin.Mueller@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Guay, Simon (DEPES) <Simon.Guay2@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport V2

Bonjour Daniel,

J'ai complété ma relecture de ce document. J'ai ajouté mes commentaires à ceux de Mélanie et Gabriel dans le fichier ci-joint.

Bonne amélioration par rapport à la version précédente. Toutefois, je suis d'accord avec les commentaires de Mélanie, il reste du travail à faire s'il est souhaité de publier ces résultats.

Je laisse [@Berryman, David](#) commenter en ce qui concerne les critères de qualité d'eau de surface. J'ai suggéré une modification pour traiter des recommandations de Santé Canada pour l'eau potable.

Je laisse également David commenter concernant d'autres rapports au Québec sur les PFAS dans l'environnement. Cela dit, il n'est peut-être pas nécessaire que ce soit exhaustif.

Cordialement,

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 21 décembre 2022 17:12

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>; Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>; Munoz, Gabriel <Gabriel.Munoz@environnement.gouv.qc.ca>; Triffault-Bouchet, Gaëlle <Gaelle.Triffault-Bouchet@environnement.gouv.qc.ca>; Mueller, Kristin <Kristin.Mueller@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport V2

Bonjour,

De mon côté, je viens de terminer ma relecture de ce rapport. Il est allégé par rapport à la précédente version, mais je pense qu'il y a encore du travail à faire si vous souhaitez le publier comme un rapport du MELCCFP. Il faudrait que le document soit un peu plus conforme dans le discours à ce que le ministère a écrit dans les différents rapports sur le sujet ou pour des questions-réponses. Par exemple, la section sur les critères de qualité de l'eau ne me semble pas à jour. Je laisse Philippe regarder cet aspect. De même, je ne crois pas que la liste des données disponibles au Québec ne se limite pas à deux rapports. David et Philippe est-ce que je me trompe ? L'interprétation des résultats me semble encore très minimaliste.

Je remets également Gabriel Munoz dans les échanges puisque plusieurs de ces commentaires précédents ne me semblent pas avoir été adressés adéquatement. Je me questionne également de la pertinence de l'annexe qui donne des conseils sur comment analyser les PFAS.

Je demeure disponible pour en discuter au retour en janvier.

Joyeuses fêtes

Cordialement,

Mélanie

Mélanie Desrosiers, PhD
Écotoxicologue

Division Écotoxicologie et évaluation du risque
Direction générale de la Coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

2700, rue Einstein, bureau D-2-216
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 339
Cellulaire : **53-54**
melanie.desrosiers@environnement.gouv.qc.ca
www.ceaeq.gouv.qc.ca

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 21 décembre 2022 16:08

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion

<Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie

<Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport V2

Bonjour Daniel,

Je ne sais pas si tu as reçu des retours d'autres personnes. Je pensais avoir du temps avant Noël pour regarder le rapport, mais je n'y suis pas arrivé. Je suis en congé jusqu'au 10 janvier.

Je compte prendre connaissance du rapport révisé pour le 13 janvier. Cela dit, fais-moi signe si ce n'est pas utile parce que le dossier est déjà traité.

Joyeuses fêtes !

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 12 décembre 2022 09:57

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport V2

Est-ce que d'ici la fin de la semaine serait envisageable? Je dois par la suite faire le suivi et j'aimerais finaliser ce dossier d'ici la fin de l'année.

Au plaisir

Daniel

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 12 décembre 2022 09:30

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>; Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport V2

Bonjour Daniel,

Pour quand aurais-tu besoin d'un retour ?

Bonne journée,

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 9 décembre 2022 15:34

À : Schnebelen, Marion <Marion.Schnebelen@environnement.gouv.qc.ca>; Cantin, Philippe

<Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>; Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>;

Berryman, David <David.Berryman@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : TR: Rapport V2

Bonjour,

Voici la 2^e version du rapport PFAS 2021 que vous aviez commenté précédemment.

Merci à l'avance pour vos commentaires.

Daniel

De : Lounes Haroune <Lounes.Haroune@USherbrooke.ca>

Envoyé : 29 novembre 2022 18:46

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>; Julie Grenier <julie@cogesaf.qc.ca>

Objet : Rapport V2

Attention! Ce courriel provient d'une source externe.

Vous trouverez ci-joint la version 2 du rapport.

Tous les commentaires ont bien été résolus :

- Uniformisation des termes (PFAS)
- Simplification des différentes sections
- Déplacement des sections en annexe.
- Suppression de la section « ecotox »
- Modifications et corrections diverses demandées

Cela dit, il reste 4 questions résiduelles :

- Le site 11A de Newport c'est OMAEU ou LET ?
- Pourquoi ce choix de stations ?
- J'ai dessiner une carte des prélèvements cependant je ne saurais pas situer le site 11A, auriez-vous une carte de prélèvement ? ou me communiquer les coordonnées du site 11A ?
- Quelles sont les suites/perspective que vous souhaitez donner à l'étude ? (étude complémentaire ? additionnelle ?)

A la réception de ces éléments de réponse je serais en mesure de vous transmettre la version 3 du rapport.

Après réception de vos derniers commentaires, je vais être en mesure de nettoyer le document et de vous envoyer une version finale PDF.

En vous remerciant par avance,

Cordialement

N'Soukpoé, Comlan Eli-Eli

De: Munoz, Gabriel
Envoyé: 1 novembre 2022 16:42
À: Grenon, Marie-Claire
Objet: TR : Rapport
Pièces jointes: Rapport_d'analyse_cogesaf_Qc_Ca_version_1.docx

Bonjour Marie-Claire,

pour information

Gabriel

Gabriel Munoz, PhD
Division de la chimie organique du milieu
Direction générale de la coordination scientifique et du CEAEQ
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
2700, rue Einstein, bureau B.2.104.3
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 241
Courriel : Gabriel.Munoz@environnement.gouv.qc.ca

De : [Desrosiers, Mélanie](#)
Envoyé le : 1 novembre 2022 16:28
À : [Tremblay, Daniel](#)
Cc : [Munoz, Gabriel](#); [Cantin, Philippe](#)
Objet : RE: Rapport

Bonjour,

J'ai également regardé le rapport avec mon collègue Gabriel Munoz, chimiste spécialisé dans l'analyse de ce type de substances.

Je suis d'accord avec les commentaires de Philippe, le document contient beaucoup de détails, qui à mon sens, sont inutiles ou disproportionnés par rapport aux résultats obtenus. Par exemple, la présentation des données épidémiologiques en détails alors que les résultats sont presque tous inférieurs aux limites de détection des méthodes ou très faibles. Le document envoie d'une part le message que les PFAS représentent un grand risque pour la population, mais présente les résultats d'un site qui n'est pas contaminé.

Je trouve également que toute la section concernant la description des méthodes disponibles est inutile. Ce que nous avons besoin de savoir c'est la méthode utilisée par Bureau Veritas. De même, les données de bioaccumulation et de toxicité devraient plutôt être gardées en discussion pour comparaison avec les concentrations mesurées. Cela permettrait de présenter les résultats beaucoup plus rapidement dans le texte.

Gabriel et moi sommes très au fait de l'ensemble des enjeux autour des PFAS, n'hésitez pas à nous consulter en cas de besoin pour la suite du dossier.

Cordialement,

Mélanie Desrosiers, PhD
Écotoxicologue

Division Écotoxicologie et évaluation du risque
Direction générale de la Coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

2700, rue Einstein, bureau D-2-216
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 339
Cellulaire : **53-54**

melanie.desrosiers@environnement.gouv.qc.ca
www.ceaeq.gouv.qc.ca

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé : 30 octobre 2022 22:42
À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Cc : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Rapport

Bonjour Daniel,

J'ai pris connaissance du rapport. Il reste beaucoup de travail à faire selon moi. Il devrait être amputé de plusieurs sections. J'ai commenté le fichier ci-joint. Je m'explique.

D'abord, le positif. À mon sens, les résultats trouvés dans le lac ne sont pas très problématiques et correspondent à ce qu'on pouvait s'attendre à obtenir, i.e., des détections de composés perfluorés, mais peu, et concentrations faibles lorsqu'ils sont détectés. Ces résultats correspondent aux résultats antérieurs obtenus par le MELCCFP et aux connaissances scientifiques actuelles. C'est ça le constat du rapport.

Ensuite, les corrections à faire selon moi.

- Il faut écrire dans le rapport, de manière claire et précise en une phrase ou deux, quel était l'objectif de l'étude. Ce n'est pas écrit.
- Le début du rapport donne trop d'informations sur les composés perfluorés qui ne sont pas liées à l'objectif de l'étude. Cela peut donner l'occasion de faire des liens qui ne sont pas pertinents. Par exemple, « un rapport demandé par le MELCCFP a trouvé des composés perfluorés dans un ruisseau tributaire du lac Memphrémagog et il est écrit dans le rapport que les composés perfluorés peuvent causer des maladies cardiovasculaires et de nombreux autres problèmes pour la santé. » Les résultats du rapport ne portent pas sur l'exposition ni sur la bioaccumulation.
 - Suggestion : ne garder que quelques phrases sur la toxicité et l'accumulation puisque ces sujets ne sont pas liés directement à l'objectif de l'étude.
- Le texte sur les analyses est trop long et trop pointu pour ce rapport. Pertinent pour des spécialistes ou des étudiants en chimie, mais pas dans un rapport sur la présence de composés dans un lac.
- Le texte sur les résultats, de même que la conclusion, amène des idées qui ne sont pas supportées par les résultats de l'étude. Je suggère de retirer ou reformuler plusieurs sections.
- On écrit qu'on a trouvé des composés perfluorés dans un ruisseau situé proche d'un site d'enfouissement. Je ne sais pas s'il y a d'autres données qui permettent de faire un lien entre le site d'enfouissement et le ruisseau, mais je n'ai pas l'impression qu'on possède des faits pour faire un tel lien. Ce serait plus simple de retirer cette allusion que de tenter de l'expliquer.
- On a trouvé des composés perfluorés dans un effluent municipal qui se situe au Vermont si j'ai bien compris. Attention à l'utilisation de ce résultat. Deux choses :
 - On a peu de données pour dire qu'il y en a moins du côté du Québec.

- De plus, le Vermont est en train d'obliger le landfill Casella à traiter des eaux souterraines au bout d'un drain avant le rejet dans une rivière qui se jette à son tour dans le lac. Or, si j'ai bien compris l'article où j'ai pris l'info (<https://vtdigger.org/2022/08/19/casella-to-install-a-treatment-system-for-pfas-following-discovery-in-groundwater-near-coventry-landfill/>) les résultats pour obliger cette action sont à 73 ng/L pour la somme des PFAS au bout du drain. Les résultats de l'effluent municipal du Vermont et qui sont présentés dans le rapport sont à peu près au même niveau. C'est une situation délicate si elle n'est pas connue au Vermont.

Contacte-moi si requis,

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 26 octobre 2022 13:32

À : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>; Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Bonjour Mélanie,
Vos commentaires directement dans le rapport sont suffisant pour nous.
Merci pour votre collaboration
Daniel

De : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 26 octobre 2022 12:57

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Bonjour,

Je crois que nous pourrions le regarder dans les délais, est-ce que des commentaires à même le rapport sont suffisants pour vos besoins ? Ce sera plus rapide ainsi que si on doit vous produire un avis plus officiel.

Cordialement,

Mélanie Desrosiers, PhD
Écotoxicologue

Division Écotoxicologie et évaluation du risque
Direction générale de la Coordination scientifique et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

2700, rue Einstein, bureau D-2-216
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-1301, poste 339
Cellulaire : **53-54**

melanie.desrosiers@environnement.gouv.qc.ca
www.ceaeq.gouv.qc.ca

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé : 26 octobre 2022 12:36
À : Desrosiers, Mélanie <Melanie.Desrosiers@environnement.gouv.qc.ca>
Cc : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Rapport

Bonjour Mélanie,

Voici le rapport dont nous avons parlé ce matin. Daniel ou moi te reviendrons pour une date d'échéance. J'ai toutefois l'impression qu'il faudrait que ce soit fait pour le milieu de la semaine prochaine.

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé : 26 octobre 2022 12:19
À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Rapport

Parfait, tu pourras m'envoyer une invitation, mon calendrier est à jour.
Tu peux transférer directement le document à Mélanie. Elle pourra m'envoyer ses commentaires.
Merci beaucoup pour les démarches.
Au plaisir
Daniel

De : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé : 26 octobre 2022 12:11
À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Rapport

Bonjour Daniel,

Il serait utile de demander à Mélanie Desrosiers au CEAEQ de regarder le rapport. Elle a une expertise sur les PFAS et je lui en ai glissé un mot. Elle pourrait aussi le montrer aux chimistes du CEAEQ spécialisés dans les PFAS parce que le rapport semble contenir beaucoup d'information sur l'analyse et l'échantillonnage.

Par ailleurs, je pourrai le regarder également la semaine prochaine.

J'aimerais qu'on se parle quelques minutes sur Teams des suites de ce rapport.

Philippe Cantin, Ph. D., microbiologiste

Chef de la division de l'eau potable
Direction de l'eau potable et des eaux souterraines et de surface
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boulevard René-Lévesque Est, 8e étage
Québec (Québec) G1R 5V7
En télétravail

De : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 25 octobre 2022 11:37

À : Cantin, Philippe <Philippe.Cantin@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : TR: Rapport

Bonjour Philippe,
David Berryman m'a conseillé de te contacter pour cette demande.
Voici le rapport sur les analyses de PFAS que nous avons fait faire à l'été 2021 pour le lac Memphrémagog.
Nous avons mandaté quelqu'un à l'externe pour rédiger le rapport.
Est-ce que tu crois que quelqu'un de ta direction serait en mesure de le lire et me faire part de ses commentaires sur le rapport s.v.p.
Un grand merci et au plaisir
Daniel

De : Lounes Haroune <Lounes.Haroune@USherbrooke.ca>

Envoyé : 19 octobre 2022 10:49

À : Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Cc : Julie Grenier <julie@cogesaf.qc.ca>; Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : RE: Rapport

Attention! Ce courriel provient d'une source externe.

Bonjour Daniel,

Veillez trouver ci-joint le rapport demandé.
Malheureusement, j'étais en attente d'information complémentaire, mais je pourrais les intégrer par la suite, car cela ne nuira pas à la lecture.

Je serais en mesure d'effectuer d'intégrer les commentaires très rapidement avec les itérations suivantes.

Restant à disposition,

Bien cordialement,

Lounès Haroune

From: Tremblay, Daniel <Daniel.Tremblay@environnement.gouv.qc.ca>

Sent: Friday, October 14, 2022 1:56 PM

To: Lounes Haroune <Lounes.Haroune@USherbrooke.ca>

Cc: Julie Grenier <julie@cogesaf.qc.ca>; Provost, Nathalie <Nathalie.Provost@environnement.gouv.qc.ca>

Subject: Rapport



Bonjour Lounes,

Nous devons obtenir le rapport dans les plus brefs délais. Nous déposerons ce rapport lors de la rencontre du comité Qc-Vt du 10 novembre prochain. D'ici là, il faudra l'avoir commenté et s'assurer que les commentaires soient intégrés au rapport.

Merci

Daniel Tremblay

Adjoint exécutif

Direction générale de l'analyse et de l'expertise du Centre et du Sud

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

201, place Charles-Le Moyne, 2^e étage, Longueuil (Québec) J4K 2T5

C : 514-796-0142

www.environnement.gouv.qc.ca



PRÉSENCE DES COMPOSÉS ALKYLES
PER ET POLYFLUORÉS (PFC) DANS
LES EAUX DU LAC MEMPHRÉMAGOG

Rapport d'analyse : campagne 2021

RÉSUMÉ

Les composés alkyles per et polyfluorés (PFC) sont une famille chimique de composés organiques de synthèse présente dans de nombreux produits de consommation du quotidien. Ils sont principalement retrouvés dans les peintures, les éléments de revêtement non adhésif, les emballages alimentaires, ou même dans les produits de soin personnels.

Ces composés ont la particularité d'être difficilement biodégradables et sont également connus sous le nom de « produits chimiques pour toujours ». Actuellement, ces composés chimiques sont suspectés d'avoir des effets sur la santé humaine tels que cancérigènes, et perturbateurs endocriniens notamment. À ce jour, ils ne sont pas encore systématiquement soumis à un plan de surveillance environnementale.

Cette étude présente une évaluation préliminaire de la présence en composés perfluorés (PFC) dans les eaux de surface du lac Memphrémagog. Vingt-huit composés ont été surveillés sur huit sites de prélèvements durant la période de juillet à octobre 2021 (trois sites de prélèvements établis directement sur le lac et cinq sites de prélèvements tributaires au lac incluant un effluent de station municipale des eaux usées ont été sélectionnés).

Les analyses ont été effectuées par un laboratoire d'analyse certifié et les résultats n'ont montré aucune présence en PFC dans les eaux de surface du lac Memphrémagog. Cependant, trois PFC (PFBA, PFOA et PFPxA) ont été détectés sur un seul site de prélèvement tributaire du lac situé en région urbaine et sept PFC (PFBA, PFPeA, PFPxA, PFHpA, PFOA, PFDA, PFBS) ont été détectés dans les effluents d'une station de traitement des eaux usées.

Les niveaux des concentrations reportés dans cette étude sont de 2.10 ng L⁻¹ en PFBA et 2.40 ng L⁻¹ en PFOA. Ces valeurs sont inférieures aux limites recommandées par santé Canada (30 000 et 200 ng L⁻¹ pour les PFC surveillés à savoir PFBA et PFOA).

Les risques de toxicité aiguë peuvent être considérés comme étant limités aux vues des faibles quantités retrouvées. Cependant la bioaccumulation et la toxicité chronique pourraient engendrer une problématique sur le long terme.

Ainsi, ce rapport souligne l'intérêt grandissant de la mise en place d'une surveillance plus systématique des eaux de surface, mais également d'établir des limites réglementaires pour les PFC encore non régulés et présents dans l'environnement.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	I
TABLE DES MATIÈRES.....	II
LISTES DES FIGURES	III
LISTES DES TABLEAUX.....	IV
1 CONTEXTE GÉNÉRAL	1
1.1 Les composés perfluorés	1
1.1.1 Définitions des composés alkyls perfluorés (PFC) :	1
1.1.2 Accumulation des PFC :	2
1.1.3 Toxicité des PFC :	3
1.1.4 Les PFC dans le monde :	6
1.2 Les analyses des composés perfluorés	8
1.2.1 Définition des termes analytiques :	8
1.2.2 Les méthodes d'analyse existantes :	9
1.2.3 Les défis analytiques :	13
2 RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE D'ANALYSE 2021.....	15
2.1 La campagne d'analyse 2021:	15
2.1.1 L'échantillonnage:	15
2.1.2 Prélèvement et entreposage :	16
2.1.3 Méthodes d'analyse :	16
2.1.4 Contrôle qualité :	17
2.2 Résultats de l'étude :	18
2.3 Constat général des composés perfluorés au Québec :	20
3 CHAPITRE III : CONCLUSION	23
4 APPENDIX.....	24
4.1 Appendix A : Recommandations du laboratoire Bureau Veritas	24
4.1.1 Prélèvement d'échantillons d'eau pour l'analyse des SPFA	24
4.1.2 Contenants d'échantillonnage et délais de conservation.....	24
4.1.3 Méthode d'analyse.....	25
4.1.4 Paramètres inscrits au certificat	25
4.1.5 Délais d'analyse	25
4.1.6 Certification du laboratoire	25
4.2 Appendix B: Blancs de terrain et transport	26
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	27

LISTES DES FIGURES

Figure 1-1 : Voie de propagation des PFC dans l'environnement et contamination vers l'homme.....	2
Figure 1-2 : Loi et réglementation sur les composés perfluorés dans le monde	7
Figure 1-3 : Actions préventives lors des analyses de composés perfluorés.....	14
Figure 2-1 : Localisations des sites d'échantillonnage.....	16

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Les substances PFC majoritaires.....	1
Tableau 1-2 : Effets toxicologiques des composés perfluorés.	4
Tableau 1-3 : Évaluation des pathologies liées à l'exposition des PFC.	5
Tableau 1-4 : Limites des composés perfluorés au Canada.....	7
Tableau 1-5 : Termes et définitions analytiques.....	8
Tableau 1-6 : Critères d'acceptabilité analytique dans le cadre des analyses des composés perfluorés dans les eaux.....	9
Tableau 1-7 : Méthodes analytiques existantes dans le cadre de l'analyse des eaux	10
Tableau 1-8 : Caractéristiques des méthodes analytiques existantes	11
Tableau 1-9 : Composés considérés dans chaque méthode.....	12
Tableau 2-1 : Liste des échantillons d'eaux de surface réalisés.	15
Tableau 2-2 : Liste des composés perfluorés analysés dans les échantillons.	17
Tableau 2-3 : Liste des contrôles qualité considérés.	18
Tableau 2-4 : Résultats obtenus dans les échantillons d'eaux de surface prélevés (les prélèvements ont été effectués en 2021).....	19
Tableau 2-5 : Fréquence de détection des composés perfluorés dans les eaux au Québec.	20
Tableau 4-1: Résultats de l'analyse des blancs de terrain et des blancs de transport.....	26

1 CONTEXTE GÉNÉRAL

1.1 Les composés perfluorés

1.1.1 Définitions des composés alkyles perfluorés (PFC) :

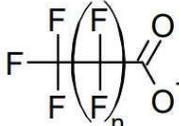
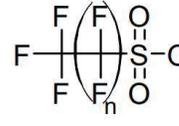
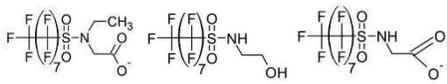
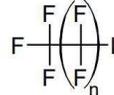
Les composés alkyles perfluorés (PFC) sont un groupe de composés chimiques synthétiques à stabilité thermique élevée. Les PFC sont dotés d'un squelette chimique commun composé d'une chaîne carbonée de longueur variable (chaîne longue, chaîne courte) saturée en partie ou complètement en fluor [1].

Les PFC sont classés en trois grands groupes distincts [1–6]:

- Les carboxylates d'alkyles perfluorés (PFCA)
- Les sulfonates d'alkyles perfluorés (PFAS)
- Les fluoro-telomeres et composés iodés à base de PFC.

Chaque groupe est caractérisé par plusieurs composés (Tableau 1-1).

Tableau 1-1 : Les substances PFC majoritaires

Formule chimique	Nom	Abréviation	Longueur de la chaîne carbonée
Groupe 1 : Carboxylates d'alkyles perfluorés (PFCA)			
	Acide perfluorobutanoïque	PFBA	Courte
	Acide perfluoropentanoïque	PFPeA	Courte
	Acide perfluorohexanoïque	PFHxA	Courte
	Acide perfluoroheptanoïque	PFHpA	Courte
	Acide perfluorooctanoïque	PFOA	Longue
	Acide perfluorononanoïque	PFNA	Longue
	Acide perfluorodécanoïque	PFDA	Longue
	Acide perfluoroundécanoïque	PFUDA	Longue
	Acide perfluorododécanoïque	PFDoA	Longue
	Acide perfluorotridécanoïque	PFTTrA	Longue
Groupe 2 : Sulfonates d'alkyles perfluorés (PFAS)			
	Sulfonate de perfluorobutane	PFBS	Courte
	Sulfonate de perfluorohexane	PFHxS	Courte
	Sulfonate de perfluoroheptane	PFHpS	Longue
	Sulfonate de perfluorooctane	PFOS	Longue
	Sulfonate de perfluorodécane	PFDS	Longue
Groupe 3 : Fluoro-telomeres et composés iodés à base de PFC			
	Composé à base de PFOS	N-EtFOSAA	N/A
	Composé à base de PFOS	FOSE	
	Composé à base de PFOS	FOSAA	
	Iodure de perfluorohexane	PFHxI	N/A
	Iodure de perfluorooctane	PFOI	
	Iodure de perfluorodécane	PFDI	
	Iodure de perfluorododécane	PFDoI	

1.1.2 Accumulation des PFC :

Issus de l'industrie, les PFC sont utilisés dans de nombreux domaines d'application comme dans la synthèse de fluoropolymères tels que le PTFE. Ces substances sont largement retrouvées dans les produits électroniques, les peintures, les produits de soins personnels, les instruments de cuisine antiadhésifs, les textiles et les mousses anti-incendie [2].

Les PFC sont des composés chimiques très persistants avec des propriétés de bioaccumulation dans les substrats environnementaux et biologiques. Ils ont notamment été détectés dans les sols, les eaux, les sédiments et même dans les aliments de consommation [7–10].

Ainsi, l'accumulation des PFC dans l'environnement suscite un grand intérêt depuis les dernières années [11]. Ils sont considérés comme étant des contaminants très persistants dans l'environnement et dont le risque d'exposition est élevé. Les différentes voies de propagation envisagées des PFC dans l'environnement sont proposées ci-dessous (Figure 1-1) [12].

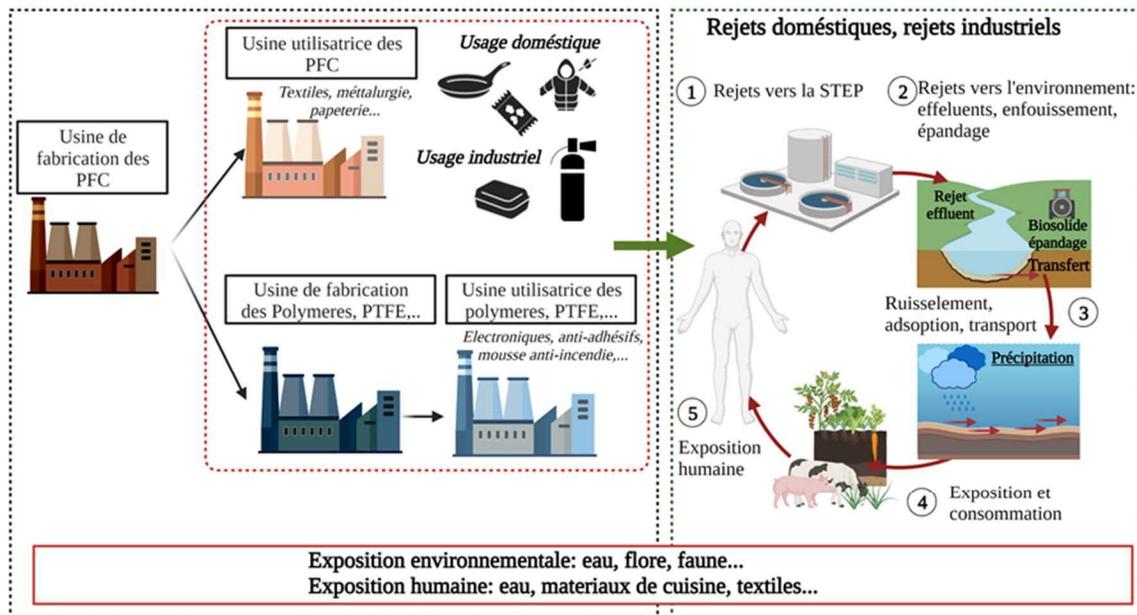


Figure 1-1 : Voies de propagation des PFC dans l'environnement et contamination vers l'homme

En effet, plusieurs études révèlent la présence de plusieurs composés perfluorés tels que les PFOS, PFOA ou encore le PFDA dans les aliments ou encore dans les fluides biologiques humains tels que le plasma [9,10,13,14].

Une récente étude menée par Santé Canada et publiée en 2021 dans le rapport : « *Les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (PFAS) dans la population canadienne (décembre 2021)* » révèlent une importante bioaccumulation de plusieurs composés perfluorés dans le plasma humain d'individu de différents groupes d'âge avec des concentrations moyennes de $0.2 \mu\text{g L}^{-1}$ pour le PFDA et $3 \mu\text{g L}^{-1}$ pour le PFOS durant l'année de 2018 à 2019. Des constats et quantités similaires ont pu être retrouvés chez une population américaine d'âge similaire [13].

En effet, une étude réalisée aux États-Unis a révélé la présence de PFC sur presque la totalité de la population étudiée incluant les nouveau-nés. De plus, plusieurs études soulignent la présence des PFC dans le placenta, le cordon ombilical ou encore le lait maternel [7,15]. Ce transfert implique une forte exposition des nouveau-nés au PFC durant les premiers mois [11,16].

1.1.3 Toxicité des PFC :

La bioaccumulation [13] avérée des composés perfluorés représente un risque élevé aussi bien sur la santé humaine que sur l'écologie. En effet, les évaluations écotoxicologiques sur les espèces aquatiques, terrestres ou même encore sur des mammifères (rat, lapin) ont permis d'estimer les concentrations toxiques des composés perfluorés chez les multiples espèces à l'étude (Tableau 1-2).

Tableau 1-2 : Effets toxicologiques des composés perfluorés.

Composés	Effets toxiques observés						Espèces aquatiques				Espèces terrestres			Mammifères		Concentrations toxiques	Référence			
	Mobilité	Croissance	Reproduction	Fonction hépatique	Poids	Mortalité	Poissons	Invertébrés	Crustacés	Plante	Invertébrés	Rat	Souris							
PFOS	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	NR	☒	☒	☒	☒	☒	☒	[16-19]
PFOA	☒	NR	☒	NR	☒	☒	☒	☒	☒	NR	NR	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	[16,20-24]
PFNA	☒	☒	NR	☒	NR	☒	☒	☒	NR	NR	NR	☒	NR	☒	☒	☒	☒	☒	☒	[16,21,25,26]
PFBA	☒	☒	NR	NR	NR	☒	☒	☒	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	[16,20]
PFBS	☒	☒	NR	☒	NR	☒	☒	☒	NR	NR	☒	☒	NR	☒	☒	☒	☒	☒	☒	[16,20,27]
PFDA	☒	☒	NR	NR	NR	☒	☒	☒	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	[16,20]

NR : non-référence

Ainsi, en raison de leur caractère hydrosoluble, les PFC ont tendance à avoir une importante affinité pour les protéines du sang. Ce qui implique une distribution principale des composés dans le foie, le sang et les reins [16,28,29].

Une des problématiques majeures des composés perfluorés est leurs temps de demi-vie estimés à plusieurs années chez l'humain [11,16].

Depuis la fin des années 1990, les études sur la toxicité des PFC chez l'humain connaissent un essor grandissant. Plusieurs chercheurs ont ainsi étudié les corrélations éventuelles entre plusieurs pathologies et l'exposition au PFC [11] (Tableau 1-3).

Tableau 1-3 : Évaluation des pathologies liées à l'exposition des PFC.

Effets	Composés	Pathologies potentielles	Références
Néonatal	PFOA, PFOS	Effets sur le poids des nouveau-nés	[30]
	PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA, PFDA, PFHpS	Effets sur le poids des nouveau-nés et développement	[31]
	PFOA, PFOS, PFHxS	Effets sur les naissances prématurées, effets sur le poids	[32]
	PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA	Effets sur le poids des nouveau-nés	[33]
Endocriniens	PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS, PFOSA	Diminution de l'œstrogène chez les femmes	[34]
	PFOS, PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS	Endométriose	[35]
	PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA	Endométriose	[36]
	PFOA, PFOS	Ménopause prématurée	[37]
	PFOA, PFOS, PFHxS	Réduction de la fertilité	[38]
	PFOS, PFDA	Effet sur l'hormone thyroïdienne	[39]
	PFOA, PFOS	Effet sur l'hormone thyroïdienne	[40]
	PFOS, PFOA, PFHxS	Effet sur l'hormone thyroïdienne	[41]
Métabolique	PFOS	Augmentation du cholestérol	[42]
	PFOA, PFOS, PFHxS	Augmentation du cholestérol	[43]
	PFNA	Risque de diabète	[44]
Neurologique	PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA	Risque d'augmentation du TDAH*	[45]
	PFOA, PFOS, PFNA	Risque d'augmentation du TDAH*	[46]
Cancérigène	PFOA	Risque sur la vessie et cancer des testicules	[47]
	PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS	Risque de cancer du sein	[48]
	PFOA	Risque de cancer des reins	[49]
Cardiovasculaire	PFOA	Risque d'accident vasculaire cérébral	[50]
	PFOA	Risque d'accident cardiovasculaire	[51]

*Trouble déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH)

Les études sur les effets potentiellement toxiques des composés perfluorés sont de plus en plus nombreuses. L'analyse du cycle de vie des composés perfluorés fait partie des études émergentes qui sont réalisées de nos jours. En effet, l'analyse du cycle de vie est un outil standardisé ISO d'aide à la décision qui permet de quantifier les effets sur l'environnement et sur la santé humaine d'un composé tout au long de son cycle de vie [52].

À cet effet, Holmquist et al, 2020 ont étudié l'impact écotoxique des composés perfluorés ainsi que leurs produits de transformation sur l'environnement et la santé humaine. Son étude d'impact a permis de mettre en avant une toxicité plus importante du PFOA en comparaison des PFHxA et PFBS. Il est également souligné que même les faibles émissions en composés perfluorés peuvent impacter grandement les environnements récepteurs [53].

Les différentes études réalisées ainsi que les différents outils adaptés et utilisés afin d'évaluer le cycle de vie des composés perfluorés ou encore leurs toxicités permettent la mise en place de base de données robustes et d'aide à décision concernant ces contaminants persistants.

1.1.4 Les PFC dans le monde :

La problématique liée à l'accumulation des PFC dans l'environnement ainsi qu'aux risques liés à leurs expositions est unanime dans le monde [54]. Plusieurs pays travaillent à mettre en place différentes lois et réglementations afin de contrôler la production, l'utilisation ou encore l'importation des composés perfluorés.

Un intérêt particulier a été porté aux PFOA, PFOS, PFNA et PFDA par le gouvernement du Canada qui considère ces substances comme toxiques et interdites au Canada en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) [55] et du Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012) [56].

De plus, le gouvernement du Canada a également élaboré et mis en place plusieurs limites et réglementations dans le cadre de suivis continus des autres composés perfluorés (tableau 1-4).

Le tableau 1-4 ci-dessous présente les différentes limites en PFC réglementé par substrat au Canada [57,58].

Tableau 1-4 : Limites recommandées des composés perfluorés au Canada

Composés	Eaux de consommation	Terres agricoles, domestiques, parcs	Terres commerciales
	µg/L	mg/kg	mg/kg
PFOA	0.20	0.70	1.05
PFOS	0.60	2.00	3.20
PFNA	0.02	0.08	0.13
PFBA	30.0	114	173
PFBS	15.0	61.0	92.0
PFHxS	0.60	2.30	3.50
PFHxA	0.20	0.80	1.21
PFPeA	0.20	0.80	1.21
PFHpA	0.20	0.80	1.21
6 :2 FTS	0.20	0.80	1.21
8 :2 FTS	0.20	0.80	1.21

À l'échelle internationale, plusieurs pays dont le Canada ont signé la convention de Stockholm qui interdit l'usage depuis 2009 du PFOS et PFOA [54].

La figure 1-2 regroupe les lois et réglementations en vigueur proposées à l'échelle internationale [54,59–64].

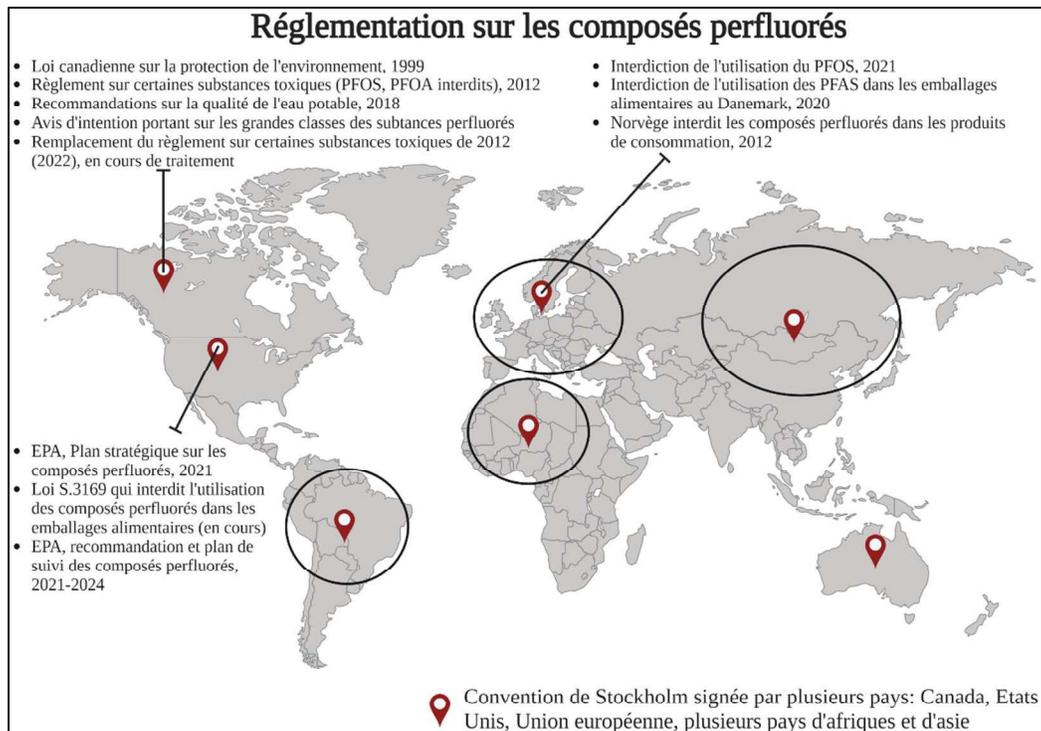


Figure 1-2 : Loi et réglementation sur les composés perfluorés dans le monde

1.2 Les analyses des composés perfluorés

1.2.1 Définition des termes analytiques :

Lors de la réalisation des analyses instrumentales des PFC, plusieurs termes analytiques sont à définir et à considérer. De plus, la validation et l'acceptation des résultats d'analyse sont sujettes à plusieurs critères d'acceptabilité.

Le tableau 1-5 et 1-6 regroupe les termes, définitions et critères d'acceptabilité lors d'une analyse instrumentale.

Tableau 1-5 : Termes et définitions analytiques

	Termes	Définition
Termes analytiques	Séquence d'analyse	Un nombre d'échantillons analysés sur le même instrument. La séquence débute et se termine par l'analyse des points de la courbe d'étalonnage.
	Limite de détection (LD)	LD correspond à la concentration la plus faible qui permet d'identifier un composé.
	Limite de quantification (LQ)	LQ correspond à la concentration la plus faible qui permet de quantifier un composé.
	Duplicate d'échantillonnage	Deux échantillons prélevés, entreposés, extraits et analysés en même temps que les échantillons ciblés.
	Standards internes	Un composé pur qui est ajouté aux extraits ou aux solutions de standards.
	Blanc de laboratoire fortifié	De l'eau fortifiée avec une concentration connue des composés ciblée par la méthode
	Échantillon de laboratoire fortifié	La matrice à l'étude est fortifiée avec une concentration connue des composés ciblée par la méthode.
	Duplicata d'échantillon de laboratoire fortifié	La matrice à l'étude est fortifiée avec une concentration connue des composés ciblée par la méthode.
	Blanc de laboratoire	Les solvants et autres réactifs utilisés sont extraits et analysés de la même façon que les échantillons.
	Blanc d'analyse	Solvant injecté durant la séquence d'analyse.
	Ion précurseur	Correspond au composé parent protoné ou déprotoné (en fonction du type d'electrospray + ou -)
	Ion produit	Corresponds au fragment généré à partir de l'ion précurseur dans la cellule de collision (MS/MS)

Également, les PFC ont la particularité d'être présents dans la grande majorité des produits du quotidien. Ainsi, afin d'éviter les biais d'analyse (faux positifs et contaminations croisées) de nombreuses précautions instrumentales devront être mises en place lors du prélèvement et de l'analyse. Notamment par l'analyse de nombreux « blancs » instrumentaux permettant de contrôler l'absence de PFC présent dans les systèmes d'analyse (principalement les éléments en plastique présent dans l'instrumentation).

Le tableau 1-6 présente les critères d'acceptabilités des résultats analytiques.

Les critères d'acceptabilités ci-dessous sont disponibles dans les normes EPA 533 et EPA 537.1 [65,66].

Tableau 1-6 : Critères d'acceptabilité analytique dans le cadre des analyses des composés perfluorés dans les eaux

Critères	Spécifications	Acceptabilités
Temps d'entreposage	14 jours afin de maintenir l'intégrité de l'échantillon	Résultats d'analyse acceptable seulement si les échantillons sont extraits durant cette période
Blanc de laboratoire	1 blanc de laboratoire pour chaque lot d'échantillon	Démontrer que tous les composés ciblés par la méthode sont inférieurs de 1/3 à la limite de détection
Blanc de laboratoire fortifié	1 blanc de laboratoire fortifié pour chaque lot d'analyse. Les concentrations doivent être faibles, moyennes et fortes.	Les recouvrements doivent être de 70-130% pour les concentrations moyennes et fortes Les recouvrements des analyses doivent être de 50-150% pour les concentrations faibles.
Standards internes	Les standards internes sont ajoutés à l'ensemble des échantillons, contrôles qualité et standards d'étalon.	La surface du pic pour tous les standards internes dans toutes les injections doit être à $\pm 50\%$ de la surface du pic moyen calculée lors de l'étalonnage initial.
Échantillon de laboratoire fortifié	1 échantillon fortifié par lot d'extraction et analyse. La concentration doit être légèrement plus élevée que celle attendue dans les échantillons (si applicable).	Les recouvrements doivent être de 70-130% pour les concentrations moyennes et fortes Les recouvrements des analyses doivent être de 50-150% pour les concentrations faibles.
Duplicata d'échantillon de laboratoire fortifié ou duplicata d'échantillonnage	1 duplicata d'échantillon par lot d'extraction et analyse.	Le pourcentage de différence relative doit être $\leq 30\%$ pour les concentrations moyennes et fortes et $\leq 50\%$ pour les concentrations faibles.
Courbe d'étalonnage initiale	Utiliser les standards internes et générer en moins 5 concentrations pour tracer la courbe d'étalonnage.	Les valeurs recalculées doivent être de 70-130% pour les moyennes et fortes concentrations et de 50-150% pour les plus faibles concentrations.
Répétabilité d'injection en cours d'analyse	Injecter chaque point de la courbe après chaque 10 échantillons jusqu'à couvrir tous les points de la courbe d'étalonnage	Le recouvrement de chaque composé doit être de 50-150% en comparaison avec la valeur de la calibration initiale.

1.2.2 Les méthodes d'analyse instrumentales :

L'analyse des PFC dans les échantillons d'eaux est répartie en deux principales catégories [65–69]:

- Analyse des eaux potables (destinée à la consommation)
- Analyse des eaux non potables (eaux environnementales : eaux de surface, eaux souterraines, eaux usées)

En fonction du type d'échantillon analysé, plusieurs méthodes normalisées ont été mises en place (tableau 1-7)

Tableau 1-7 : Méthodes analytiques existantes dans le cadre de l'analyse des eaux

	EPA 537.1	EPA 533	ISO 25101	ISO 21675	ASTM 7979
Type d'eaux	Eaux de consommation	Eaux de consommation	Eaux de consommation, souterraines, surface et eaux usées	Eaux de consommation, souterraines, surface et eaux de mer	Eaux de consommation, souterraines, surface et eaux boueuses
N° composés	18	25	2	30	24
Restrictions	Préparation d'échantillon très restrictive par SPE		Préparation d'échantillon moins restrictive par SPE		Préparation d'échantillon moins restrictive par dilution

Chaque méthodes (tableau 1-7) présente des caractéristiques spécifiques aux types d'échantillons analysés.

Ces caractéristiques sont essentiellement basées sur le mode de préparation des échantillons, l'instrumentation, le type et nombre de composés couverts par la méthode et les limites de détection et quantification.

Le tableau 1-8 ci-dessous résume le principe de chaque méthode citée dans le tableau 1-7 [65–69].

Le tableau 1-9 regroupe les composés considérés dans chaque méthode [65–69].

Tableau 1-8 : Caractéristiques des méthodes analytiques existantes

Méthodes	Échantillons	Préparation	Analyse instrumentale	LD (ng/L)	Composés*	Notes
EPA 537.1	Eaux potables	Extraction en phase solide (SPE) sur cartouche de polystyrenedivinylbenzen (SDVB). Après extraction les échantillons sont évaporés avant d'être reconstitués dans 96:4% (V/V) méthanol : eau.	Instrument : LC MS/MS Injection : 10 µL Colonne : C ₁₈ Débit : 0.3 mL/min Electrospray : négatif	≥ 0.5	18 composés	Les échantillons sont collectés dans des bouteilles en polypropylène contenant 5g/L de Trizma afin d'éliminer les traces de chlore
EPA 533		Extraction en phase solide (SPE) sur cartouche de polystyrenedivinylbenzen (SDVB). Après extraction les échantillons sont évaporés avant d'être reconstitués dans 80:20% (V/V) méthanol : eau	Instrument : LC MS/MS Injection : 10 µL Colonne : C ₁₈ Débit : 0.25 mL/min Electrospray : négatif	≥ 0.5	25 composés	Les échantillons sont collectés dans des bouteilles en polypropylène contenant 1g/L d'acétate d'ammonium afin de piéger de chlore.
ISO 25101	Eaux non potables	Extraction en phase solide (SPE) sur cartouche polymérique de type WAX. Après extraction les échantillons sont évaporés avant d'être reconstitués dans 2 mM d'acétate d'ammonium.	Instrument : LC MS/MS Injection : 10 µL Colonne : C ₁₈ Débit : 0.3 mL/min Electrospray : négatif	≥ 2.0	2 composés	Les échantillons sont collectés dans des bouteilles en polypropylène contenant 80 mg de sodium thiosulfonate pentahydrate afin de piéger de chlore.
ISO 21675		Extraction en phase solide (SPE) sur cartouche polymérique de type WAX. Après extraction les échantillons sont évaporés avant d'être reconstitués dans 2 mM d'acétate d'ammonium.	Instrument : LC MS/MS Injection : 10 µL Colonne : C ₁₈ Débit : 0.3 mL/min Electrospray : négatif	≥ 0.2	30 composés	Les échantillons sont collectés dans des bouteilles en polypropylène.
ASTM 7979	Les échantillons sont dilués et filtrés.		Instrument : LC MS/MS Injection : 30 µL Colonne : CSH phenyl hexyl Débit : 0.3 mL/min Electrospray : négatif	> 1	24 composés	Les échantillons sont collectés dans des bouteilles en polypropylène.

*La liste détaillée des composés inclus dans chaque méthode est présentée dans le tableau 1-9 ci-dessous.

Tableau 1-9 : Composés considérés dans chaque méthode

Composés	EPA 537.1	EPA 533	ISO 25101	ISO 21675	ASTM 7979
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	☒	☑	☒		
Perfluoropentanoic acid (PFPeA)	☒	☑	☒		
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	☑	☑	☒		
Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	☑	☑	☒		
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	☑	☑	☑		
Perfluorononanoic acid (PFNA)	☑	☑	☒		
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	☑	☑	☒		
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	☑	☑	☒		
Perfluorododecanoic acid (PFDoA)	☑	☑	☒		
Perfluorotridecanoic Acid (PFTTrDA)	☑	☒	☒		
Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic acid (NFDHA)	☒	☑	☒		
Perfluoro-3-methoxypropanoic acid (PFMPA)	☒	☑	☒		
Perfluoro-4-methoxybutanoic acid (PFMBA)	☒	☑	☒		
Perfluorotetradecanoic acid (PFTeDA)	☑	☒	☒		
Perfluorohexadecanoic acid (PFHxDA)	☒	☒	☒		
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	☑	☑	☒		
Perfluoropentanesulfonic acid (PFPeS)	☒	☑	☒		
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	☑	☑	☒		
Perfluoroheptanesulfonic Acid (PFHpS)	☒	☑	☒		
Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	☑	☑	☑		
Perfluorononanesulfonic acid (PFNS)	☒	☒	☒		
Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	☒	☒	☒		
Perfluoro(2-ethoxyethane) sulfonic acid (PFEESA)	☒	☑	☒		
Perfluorooctanesulfonamide (PFOSA)	☒	☒	☒		
N-methyl perfluorooctane sulfonamidoacetic acid (NMeFOSAA)	☑	☒	☒		
N-ethyl perfluorooctane sulfonamidoacetic acid (NEtFOSAA)	☑	☒	☒		
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluorohexane sulfonic acid (4:2FTS)	☒	☑	☒		
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluorooctane sulfonic acid (6:2 FTS)	☒	☑	☒		
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluorodecane sulfonic acid (8:2FTS)	☒	☑	☒		
N-Methyl perfluorooctane sulfonamidoethanol (NMeFOSE)	☒	☒	☒		
N-Ethyl perfluorooctane sulfonamidoethanol (NEtFOSE)	☒	☒	☒		
N-Methyl perfluorooctane sulfonamide (NMeFOSA)	☒	☒	☒		
N-Ethyl perfluorooctane sulfonamide (NEtFOSA)	☒	☒	☒		
Decafluoro-4-(pentafluoroethyl) cyclohexanesulfonic acid (PFecHS)	☒	☒	☒		
2-perfluorohexyl ethanoic acid (FHEA)	☒	☒	☒		
2-perfluorooctyl ethanoic acid (FOEA)	☒	☒	☒		
2-perfluorodecyl ethanoic acid (FDEA)	☒	☒	☒		
2H-perfluoro-2-decenoic acid (FOUEA)	☒	☒	☒		
3-perfluoroheptyl propanoic acid (FHpPA)	☒	☒	☒		
2H-perfluoro-2-octenoic acid (FHUEA)	☒	☒	☒		
Hexafluoropropylene oxide dimer acid (HFPO-DA)	☑	☑	☒		
11-Chloroeicosafuoro-3-oxaundecane-1- sulfonic acid (11Cl- PF3OUdS)	☑	☑	☒		
9-Chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1- sulfonic acid (9Cl-PF3ONS)	☑	☑	☒		
4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid (ADONA)	☑	☑	☒		

☑ Composés inclus dans la méthode

☒ Composés non inclus dans la méthode

Informations disponibles uniquement sur achat de la norme

Informations disponibles uniquement sur achat de la norme

1.2.3 Les défis analytiques :

L'analyse des composés perfluorés implique plusieurs facteurs préventifs à considérer.

1.2.3.1 Échantillonnage et entreposage :

La procédure de prélèvement et de stockage des échantillons doit suivre plusieurs indications. En effet, l'utilisation de contenant en verre doit être réduite afin d'éviter l'adsorption des composés à la surface du verre et d'éviter la sous-estimation des teneurs des composés retrouvés. De même que les matériaux contenant des polymères fluorés sont à éviter afin de ne pas surestimer les teneurs en composés par effet de relargage [70,71].

Ainsi plusieurs indications sont disponibles sur le type de contenant à privilégier lors de l'échantillonnage des eaux destinées à l'analyse des composés perfluorés. Les contenants les plus souvent recommandés sont les contenants en polypropylène ou en polyéthylène à forte densité [70,71].

En fonction de l'eau échantillonnée (eau potable ou non potable) des additifs/tampons sont ajoutés aux échantillons. Les additifs les plus utilisés sont : Trizma, Acétate d'ammonium, l'acide ascorbique ou encore le sodium thiosulfonate pentahydrate. Ces derniers vont principalement éliminer le chlore résiduel présent dans les eaux traitées et/ou préserver l'intégrité de l'échantillon [65,66].

Au-delà de l'échantillonnage, la durée et la température de conservation des échantillons jouent elles aussi un rôle important dans le processus d'analyse. Les différentes recommandations suggèrent de ne pas dépasser 14 jours de stockage à une température comprise entre 1-6°C [65,66].

1.2.3.2 Préparation/extraction des échantillons :

Lors de la préparation d'échantillon, les consommables utilisés ne doivent pas contenir de composés perfluorés. Pour cela, plusieurs fabricants proposent notamment des cartouches d'extractions certifiées exemptes de PFC.

Également, lors de la préparation d'échantillons des blancs d'extractions doivent être effectués afin de contrôler le niveau des contaminations croisées, car les voies de contamination des échantillons sont variées.

1.2.3.3 Analyse instrumentale :

Les équipements analytiques constituent une source de contamination potentielle (tuyaux, joints en PTFE, flacon, septum, ligne de solvants...). Afin d'éviter de fortes contaminations

des échantillons, le guide EPA 537.1 recommande de remplacer les lignes de solvants par des tubes en PEEK et les crépines de PTFE par des crépines en acier inoxydable [65].

L'ensemble des mesures décrites dans la section ci-dessus ne permettent pas d'éliminer totalement les contaminations en composés perfluorés, mais de les réduire afin d'assurer l'intégrité de l'analyse.

La figure 1-3 ci-dessous résume les différentes actions préventives afin de réduire les contaminations en composés perfluorés lors des analyses.

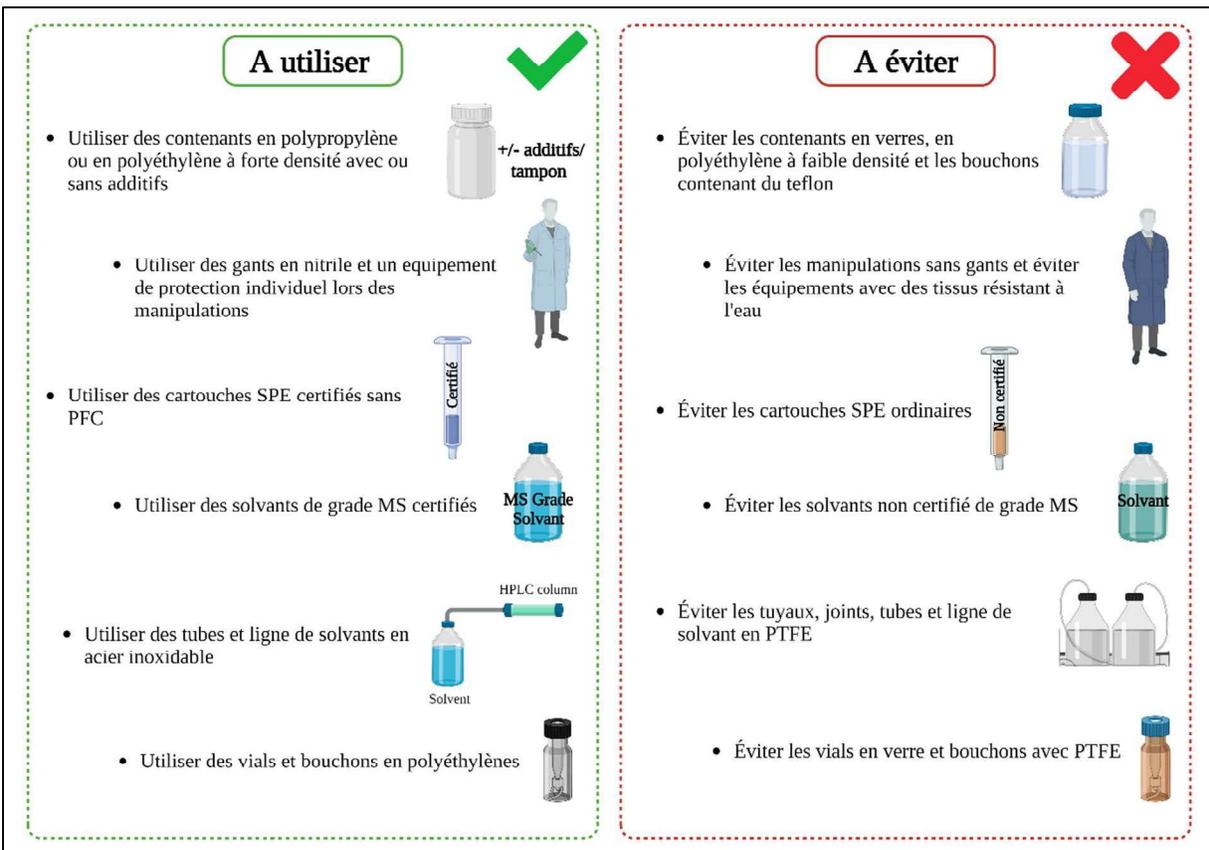


Figure 1-3 : Actions préventives lors des analyses de composés perfluorés

2 RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE D'ANALYSE 2021

2.1 La campagne d'analyse 2021:

2.1.1 L'échantillonnage:

La présence des composés perfluorés dans les eaux au Québec fait l'objet de plusieurs investigations. À cet effet, 8 sites d'échantillonnage d'eaux de surface ont été retenus au niveau du bassin versant du lac Memphrémagog. Plusieurs points de prélèvement situés sur le lac, en bordure de lac, ou encore à proximité de sites d'enfouissement ont été sélectionnés.

La liste des échantillons, localisation et temporalité sont présentées dans le tableau 2-1 et figure 2-1 ci-dessous.

Tableau 2-1 : Liste des échantillons d'eaux de surface réalisés.

Types	Échantillons	Eau	Temporalité 2021			Emplacement
			Juillet	Aout	Octobre	
Lac	91	Eau de surface	☑	☑	☑	Bord
	94		☑	☑	☑	Milieu du lac
	Prise		☑	☑	☑	Prise d'eau, exutoire du lac
Tributaire	84		☒	☑	☑	Ruisseau Fitch
	111		☒	☑	☑	Ruisseau Taylor
	267		☒	☑	☑	Rivière Cherry
	1011		☒	☒	☑	Ruisseau Des berges
	11A		☑	☒	☒	Effluent station Newport

☑ Échantillonné / ☒ Non échantillonné

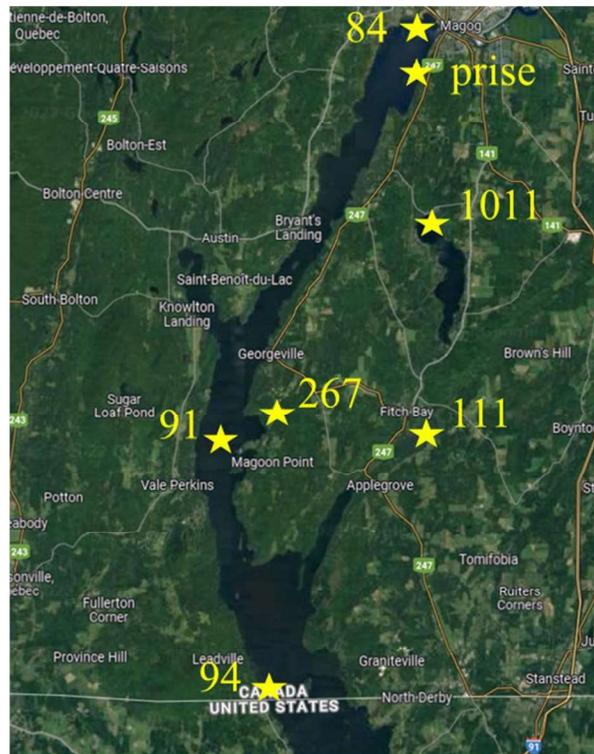


Figure 2-1 : Localisations des sites d'échantillonnage

2.1.2 Prélèvement et entreposage :

Les échantillons d'eaux de surface ont été prélevés suivant les recommandations du laboratoire Bureau Veritas (voir Appendix 4.1). Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène à haute densité (PEHD) munies de bouchons à vis en polypropylène (sans téflon). Les contenants d'échantillonnages ont tous été fournis par le laboratoire Bureau Veritas. Les échantillons ont tous été extraits dans le délai optimal recommandé (14 jours).

2.1.3 Méthodes d'analyse :

Les échantillons d'eaux de surface ont été analysés par le laboratoire d'analyse Bureau Veritas. Les échantillons d'eaux de surface sont extraits par extraction en phase solide (SPE) afin de purifier et de concentrer les composés ciblés.

Une fois extraits les échantillons sont analysés par chromatographie en phase liquide avec dilution isotopique couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS) (voir Appendix 4.1). La liste des composés perfluorés inclus et analysés dans les échantillons est présentée dans le tableau 2-2 ci-dessous.

Tableau 2-2 : Liste des composés perfluorés analysés dans les échantillons.

Composés	Abréviations	Unités	LDR
N-Éthylperfluorooctane sulfonamido acide acétique	EtFOSAA	ng/L	4
Perfluorobutanoic acid	PFBA	ng/L	2
Perfluoropentanoic acid	PFPeA	ng/L	2
Perfluorohexanoic acid	PFPeA	ng/L	2
Perfluoroheptanoic acid	PFHpA	ng/L	2
Perfluorooctanoic acid	PFOA	ng/L	2
Perfluorononanoic acid	PFNA	ng/L	2
Perfluorodecanoic acid	PFDA	ng/L	2
Perfluoroundecanoic acid	PFUnA	ng/L	2
Perfluorododecanoic acid	PFDoA	ng/L	2
Perfluorotridecanoic acid	PFTTrDA	ng/L	2
Perfluorotetradecanoic acid	PFTeDA	ng/L	2
Perfluorobutanesulfonic acid	PFBS	ng/L	2
Perfluoropentanesulfonic acid	PFPes	ng/L	2
Perfluorohexanesulfonic acid	PFHxS	ng/L	2
Perfluoroheptanesulfonic acid	PFHp	ng/L	2
Perfluorooctanesulfonic acid	PFOS	ng/L	2
Perfluorononanesulfonic acid	PFNS	ng/L	2
Perfluorodecanesulfonic acid	PFDS	ng/L	2
Perfluorooctane Sulfonamide	PFOSA	ng/L	4
N-Éthylperfluorooctane sulfonamido acide acétique	MeFOSAA	ng/L	4
4:2 Fluorotelomer sulfonic acid	4 :2 FTS	ng/L	4
6:2 Fluorotelomer sulfonic acid	6 :2 FTS	ng/L	4
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid	8 :2 FTS	ng/L	4
Hexafluoropropyleneoxide dimer acid	HFPO-DA (GenX)	ng/L	4
4,8-Dioxa-3H-Perfluorononanoic acid	ADONA	ng/L	4
9-Chloro-hexa-décafluoro-3-oxanonane-1-sulfonate	9Cl-PF3ONS (F-53B Majeure)	ng/L	4
11-Chloro-reicosa-fluoro-3-oxaundécane-1-sulfonate	11Cl-PF3OUdS (F-53B Mineur)	ng/L	4

LDR : limite de détection rapportée

2.1.4 Contrôle qualité :

Pour l'ensemble des analyses effectuées, deux échantillons supplémentaires ont été analysés : un blanc terrain et un blanc transport. Le but étant de vérifier toutes contaminations croisées possibles lors de l'échantillonnage et du transport des échantillons (tableau 2-3).

Également, chaque analyse réalisée est encadrée par l'injection des isotopes marqués dans des échantillons supplémentés. Ainsi, les taux de recouvrement de ces contrôles qualité sont calculés afin de valider le bon fonctionnement de la préparation et de l'analyse des échantillons (tableau 2-3).

Tableau 2-3 : Liste des contrôles qualité considérés.

Liste	Description
Blanc terrain	Un blanc échantillonné et manipulé de la même façon que les échantillons
Blanc transport	Un blanc transporté et manipulé de la même façon que les échantillons
Blanc fortifié	Un blanc d'une matrice exempte de contaminants auquel a été ajoutée une quantité connue d'analyte ciblée par la méthode (sers à évaluer la précision de la méthode)
Blanc méthode	Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sers à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

2.2 Résultats de l'étude :

Aucun des 28 composés ciblés n'a été détecté dans les eaux de surfaces prélevées au niveau du lac aux différents temps d'échantillonnage (tableau 2-4).

Parmi les 28 composés analysés, 3 composés (PFHxA, PFOA et PFBA) ont été détectés dans l'échantillon « 84 » prélevé au niveau du ruisseau Fitch qui se situe proche d'un site d'enfouissement (tableau 2-4).

7 composés (PFBA, PFPeA, PFPxA, PFHpA, PFOA, PFDA, PFBS) ont également été détectés dans l'échantillon « 11A » (effluent de station de traitement des eaux usées municipales) (tableau 2-4).

Aucun des 28 composés ciblés n'a été détecté dans les blancs méthodes, terrains et blancs transports (voir Appendix 4.2).

Les résultats obtenus sur les échantillons d'eau de surface prélevés au niveau du lac et des tributaires sont présentés dans le tableau 2-4 ci-dessous

Tableau 2-4 : Résultats obtenus dans les échantillons d'eaux de surface prélevés (les prélèvements ont été effectués en 2021).

Composés	Effluent (ng/L)		Lac : eaux de surface (ng/L)						Tributaire : eaux de surface (ng/L)						LDR		
	Site 11A		91		94		Prise		84		III		267			1011	
	20/07	19/08	20/07	19/08	19/10	19/08	19/10	20/07	19/08	19/10	19/08	19/10	19/08	19/10		19/08	19/10
EtFOSAA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
*PFBA	9.1	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFPeA	35	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFPPxA	23	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFHpA	3.4	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFOA	9.8	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFNA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFDA	4.0	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFUnA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFDoA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFTtDA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFTgDA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFBS	3.4	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFPeS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFHxS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFHp	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
*PFOS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFNS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFDS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	2
PFOSA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
MeFOSAA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
4 :2 FTS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
6 :2 FTS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
8 :2 FTS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
HFPO-DA (GenX)	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
ADONA	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
9Cl-PF3ONS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4
11Cl-PF3OUdS	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	<LDR	4

<LDR : inférieur à la limite de détection rapportée ; *Composés présentant une recommandation (voir tableau 1-3)

2.3 Constat général des composés perfluorés au Québec :

Fréquence de détection des composés perfluorés au Québec (2007 à 2009 et 2016 à 2021)

Tableau 2-5 : Fréquence de détection des composés perfluorés dans les eaux au Québec.

N/A : non applicables, les composés ont été enlevés de l'analyse due à une contamination

ND : non détecté

NM : non mesurée dans l'étude de référence

Composés	Abréviations	Région	Type	Année	Fréquence	Concentration (ng/L)	Référence
Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	5%	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		3.6	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	5%	2	
		Autres	Eau de surface	2009		N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Perfluorooctane sulfonate	PFOS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	42%	8.8	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		36	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	43%	13	
		Autres	Eau de surface	2009		N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	34%	3	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	4%	3	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Acide perfluorooctanoïque	PFOA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	60%	11	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		98	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	86%	8	
		Autres	Eau de surface	2009		N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	72%	6	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	6%	4	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	11%	2			
Acide perfluorononanoïque	PFNA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	31%	3.6	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		68	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	5%	3	
		Autres	Eau de surface	2009		N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	31%	4	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Acide perfluorodécanoïque	PFDA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	N/A	N/A	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Acide perfluoroundécanoïque	PFUDA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	10%	3.6	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		41	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Perfluorodécane sulfonate	PFDS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	N/A	N/A	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND			
Acide 2H-perfluoro-octénoïque	FHUEA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	5%	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		2.4	

		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	[73]
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	
Acide 2H-perfluoro-décénoïque	FOUEA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	5%	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		3.2	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	[73]
Acide 2H-perfluoro-dodécénoïque	FDUEA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	NM	NM	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	NM	NM	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	NM	NM	[73]
Perfluorooctane sulfonamide	PFOSA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	5%	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008		14	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	5%	3	
		Autres	Eau de surface	2009		N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	NM	NM	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	NM	NM	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	NM	NM	[73]
N-Méthyle perfluorooctane sulfonamide	N-Me PFOSA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	NM	NM	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	NM	NM	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	NM	NM	[73]
N-Éthyle perfluorooctane sulfonamide	N-Et PFOSA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	[72]
		Autres	Eau de surface	2007-2008	ND	ND	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	ND	ND	
		Autres	Eau de surface	2009	N/A	N/A	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	NM	NM	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	NM	NM	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	NM	NM	[73]
Sulfonate de perfluoron-butane et ses sels	L-PFBS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	[73]
Sulfonate de perfluoron-heptane et ses sels	L-PFHpS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	[73]
Acide perfluoro-nbutanoïque ou sa base conjuguée	PFBA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Estrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	[73]
Acide perfluoro-nhexanoïque ou sa base conjuguée	PFHxA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	59%	6	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	17%	30	
							[73]

		Etrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	10%	3	
Acide perfluoro-nheptanoïque ou sa base conjuguée	PFHpA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	[73]
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	34%	3	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Etrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	
Acide perfluoro-npentanoïque ou sa base conjuguée	PFPeA	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	[73]
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	14%	48	
		Etrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	
Sulfonate de 1H,1H,2H,2Hperfluorohexane et ses sels	4:2 FTS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	[73]
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Etrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	
Sulfonate de 1H,1H,2H,2Hperfluorooctane et ses sels	6:2 FTS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	[73]
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Etrie	Eau de surface (Lac)	2020-2021	ND	ND	
Sulfonate de 1H,1H,2H,2Hperfluorodécane et ses sels	8:2 FTS	Saint Laurent	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	NM
		Autres	Eau de surface	2007-2008	NM	NM	
		Saint Laurent	Eau de surface	2009	NM	NM	
		Autres	Eau de surface	2009	NM	NM	[73]
		Saint Laurent	Eau de surface	2016	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	
		Québec	Eau souterraine	2018-2021	ND	ND	

De manière générale, les résultats de l'étude obtenus pour le PFOA et le PFOS (tableau 2-4) sont assimilables aux résultats obtenus pour les eaux du Québec (tableau 2-5).

En effet au Québec, le PFOA et le PFOS sont détectés à des niveaux de 2- 98 ng L⁻¹ et 2-36 ng L⁻¹ avec une fréquence de détection comprise entre 6- 86 % et 4-43 % respectivement (tableau 2-5).

Ainsi, les quantités retrouvées en PFC sont faibles, mais peuvent présenter une fréquence de détection significative.

3 CHAPITRE III : CONCLUSION

Cette étude préliminaire a permis d'évaluer la présence des PFC dans les eaux de surface. Trois composés perfluorés (PFBA, PFP_xA et PFOA) ont été détectés dans les eaux de surface tributaire du lac Memphrémagog.

Les concentrations détectées sont faibles et inférieures aux recommandations en PFBA et PFOA. Cependant, elles peuvent présenter une grande fréquence de détection. Ainsi, même si ces niveaux de concentration ne devraient pas être susceptibles d'engendrer des effets de toxicités aiguës, la bioaccumulation ainsi que la toxicité chronique peuvent devenir une plus grande préoccupation sur le plus long terme.

En effet, les études toxicologiques sur ces composés révèlent leur potentielle implication dans le risque de développement de pathologie cardiovasculaire, neurologique et endocrinienne.

Suivi temporel :

Aucune tendance temporelle n'a été détectée à partir des résultats de cette étude. De plus, la campagne a été réalisée sur une période de juillet à octobre 2021, ce qui peut ne pas être représentatif d'une tendance saisonnière ou annuelle. En effet, les conditions météorologiques annuelles sont très différentes durant la période estivale au Québec et les précipitations ou l'ensoleillement peuvent significativement influencer les résultats obtenus. Même si dans l'ensemble de cette étude le PFBA a été détecté systématiquement sur un seul site urbain tributaire au lac, l'échantillonnage temporel étant limité sur quelques mois, il ne permet pas de discuter d'une tendance temporelle.

Suivi spatial :

Aucun PFC n'a été détecté dans les eaux de surfaces du lac Memphrémagog, mais un seul site urbain tributaire au lac a été détecté positif en PFBA et PFOA. Cependant, l'échantillonnage spatial étant limité géographiquement, il ne permet pas de discuter du potentiel transfert des PFC par les eaux de surface.

Perspective :

Les résultats de cette étude ont permis d'apporter une vision préliminaire de la présence des PFC dans les eaux de surface du lac Memphrémagog. De futures études devront être menées afin d'évaluer la distribution temporelle sur plusieurs mois et années, mais également spatiale des PFC dans les eaux de surfaces. Ces éléments permettront d'obtenir des données sur le comportement des PFC dans les eaux de surfaces et d'établir ainsi des plans de surveillance de ces composés. Étant données les propriétés physico-chimiques des PFC, la composante solide présente dans les eaux environnementales (sédiments, particules, microorganismes, etc..) devrait également faire l'objet d'analyse afin d'estimer la fraction soluble, mais également la fraction adsorbée des PFC sur les substrats environnementaux et permettre ainsi d'évaluer la charge totale en contaminant.

L'interprétation avec les données météorologiques permettrait également d'estimer les phénomènes de relargages et de transport dans les eaux de surfaces.

4 APPENDIX

4.1 Appendix A : Recommandations du laboratoire Bureau Veritas

4.1.1 Prélèvement d'échantillons d'eau pour l'analyse des SPFA

L'équipement d'échantillonnage sur le terrain peut être classé en trois catégories: produits interdits, acceptables et préoccupants.

1. Les produits interdits sont des articles ou des matériaux qui ne doivent pas être utilisés sur le site d'échantillonnage, car ils ont été fabriqués à partir de SPFA et constituent des sources de contamination. Les carnets résistants aux intempéries, le détergent Decon 90 et les articles en Téflon (comme les contenants munis de bouchons doublés en PTFE) en sont des exemples.
2. Les produits acceptables sont des articles certifiés sans SPFA et appropriés à l'échantillonnage sur le terrain. Les détergents Alconox ou Liquinox et les produits en PEHD ou en PPHD en sont des exemples.
3. Les produits préoccupants sont des articles ou des matériaux contenant des SPFA qui pourraient contaminer les échantillons, mais dont les données scientifiques sont insuffisantes pour le prouver.

Le personnel sur le terrain doit également classer ces produits dans deux sous-catégories :

- Matériaux qui entrent en contact direct avec l'échantillon ;
- Matériaux qui n'entrent pas en contact direct avec l'échantillon.

La pratique exemplaire consiste normalement à éviter les sources évidentes de SPFA sur les sites d'échantillonnage. Pour ce faire, il suffit d'utiliser les contenants certifiés sans SPFA fournis par notre le laboratoire. Bureau Veritas offre également de l'eau purifiée et exempte de SPFA en guise de CQ de terrain.

Il est effectivement important d'éviter toute source de contamination par les SPFA. Mais rien ne peut égaler l'application d'un programme d'assurance qualité solide et rigoureux sur le terrain pour prouver que l'équipement et les activités d'échantillonnage n'ont entraîné aucune contamination par les SPFA.

4.1.2 Contenants d'échantillonnage et délais de conservation

Les échantillons doivent être prélevés dans les bouteilles en polyéthylène haute densité (PEHD) munies d'un bouchon à vis en polypropylène non doublé (sans Téflon) fournies par le laboratoire. Un échantillon d'au moins 125 mL est nécessaire pour l'analyse des faibles concentrations de SPFA. Le délai de conservation dans des conditions d'entreposage optimales est de 14 jours (entre 1 et 6 °C avec exposition limitée à la lumière). Les contenants d'échantillons doivent être remplis complètement afin de minimiser le rapport surface/volume et de réduire l'incidence relative de l'adsorption sur les parois.

Selon la méthode 537 de l'EPA, du Trizma devrait être ajouté aux échantillons d'eau potable chlorée au moment du prélèvement pour neutraliser les effets du chlore résiduel et amener le pH autour de 7.

4.1.3 Méthode d'analyse

Bureau Veritas offre des services d'analyse des SPFA pour une vaste gamme de matrices environnementales, dont les mousses extinctrices AFFF, l'eau potable, l'eau souterraine, les lixiviats, les sols, ainsi que plusieurs autres solides et tissus.

Les échantillons d'eau à faible concentration sont d'abord soumis à une extraction en phase solide (SPE) pour isoler, nettoyer et concentrer les contaminants préoccupants. L'extrait est ensuite analysé par chromatographie en phase liquide avec dilution isotopique couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS).

Tandis que les échantillons d'eau à concentration élevée (dilution habituellement requise) peuvent être analysés par dilution isotopique à injection directe (LC-MS/MS).

4.1.4 Paramètres inscrits au certificat

Bureau Veritas peut produire des résultats sur 32 SPFA, dont les composés précurseurs et les substances chimiques de remplacement. Les limites de détection rapportées (LDR) et les limites de détection de la méthode (LDM) de ces paramètres sont validées à de faibles concentrations de l'ordre de parties par billion (ppt).

4.1.5 Délais d'analyse

Délai régulier : 10 jours ouvrables

Délai accéléré : approbation préalable requise.

4.1.6 Certification du laboratoire

Bureau Veritas est accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN), le National Environmental Laboratory Accreditation Program (NELAP) des É.-U. et l'Environmental Laboratory Accreditation Program du Department of Defense (DoD-ELAP) des É.-U. pour l'analyse des SPFA dans les matrices environnementales.

4.2 Appendix B: Blancs de terrain et transport

Tableau 4-1: Résultats de l'analyse des blancs de terrain et des blancs de transport

Composés	Blancs de terrain	Blancs de transport	LDR
EtFOSAA	<LDR	<LDR	4
PFBA	<LDR	<LDR	2
PFPeA	<LDR	<LDR	2
PFPA	<LDR	<LDR	2
PFHpA	<LDR	<LDR	2
PFOA	<LDR	<LDR	2
PFNA	<LDR	<LDR	2
PFDA	<LDR	<LDR	2
PFUnA	<LDR	<LDR	2
PFDoA	<LDR	<LDR	2
PFTTrDA	<LDR	<LDR	2
PFTeDA	<LDR	<LDR	2
PFBS	<LDR	<LDR	2
PFPeS	<LDR	<LDR	2
PFHxS	<LDR	<LDR	2
PFHp	<LDR	<LDR	2
PFOS	<LDR	<LDR	2
PFNS	<LDR	<LDR	2
PFDS	<LDR	<LDR	2
PFOSA	<LDR	<LDR	4
MeFOSAA	<LDR	<LDR	4
4 :2 FTS	<LDR	<LDR	4
6 :2 FTS	<LDR	<LDR	4
8 :2 FTS	<LDR	<LDR	4
HFPO-DA (GenX)	<LDR	<LDR	4
ADONA	<LDR	<LDR	4
9Cl-PF3ONS (F-53B Majeure)	<LDR	<LDR	4
11Cl-PF3OUdS (F-53B Mineur)	<LDR	<LDR	4

<LDR : inférieur à la limite de détection rapportée

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Z. Wang, J.C. Dewitt, C.P. Higgins, I.T. Cousins, A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)?, *Environ. Sci. Technol.* 51 (2017) 2508-2518. doi:10.1021/acs.est.6b04806.
- [2] N.J. Olsavsky, V.M. Kearns, C.P. Beckman, P.L. Sheehan, F.J. Burpo, H.D. Bahaghighat, E.A. Nagelli, Review research and regulatory advancements on remediation and degradation of fluorinated polymer compounds, *Appl. Sci.* 10 (2020) 1-26. doi:10.3390/app10196921.
- [3] Y. Wang, S.B. Darling, J. Chen, Selectivity of Per- And Polyfluoroalkyl Substance Sensors and Sorbents in Water, *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 13 (2021) 60789-60814. doi:10.1021/acsami.1c16517.
- [4] R.C. Buck, J. Franklin, U. Berger, J.M. Conder, I.T. Cousins, P. De Voogt, A.A. Jensen, K. Kannan, S.A. Mabury, S.P.J. van Leeuwen, Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins, *Integr. Environ. Assess. Manag.* 7 (2011) 513-541. doi:10.1002/ieam.258.
- [5] Environnement Canada, Approche de gestion des risques proposée pour l'acide perfluorooctanoïque (APFO), ses sels et ses précurseurs et les acides perfluorocarboxyliques (APFC) à longue chaîne (C9-C20), leurs sels et leurs précurseurs, Canada, 2012.
- [6] Environnement Canada, Rapport d'évaluation écologique préalable: Acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne (C9 à C20), leurs sels et leurs précurseurs, Canada, 2012.
- [7] R. Ghisi, T. Vamerli, S. Manzetti, Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review, *Environ. Res.* 169 (2019) 326-341. doi:10.1016/j.envres.2018.10.023.
- [8] D. Cui, X. Li, N. Quinete, Occurrence, fate, sources and toxicity of PFAS: What we know so far in Florida and major gaps, *TrAC - Trends Anal. Chem.* 130 (2020) 115976. doi:10.1016/j.trac.2020.115976.
- [9] S.A. Tittlemier, K. Pepper, L. Edwards, Concentrations of perfluorooctanesulfonamides in Canadian Total Diet Study composite food samples collected between 1992 and 2004, *J. Agric. Food Chem.* 54 (2006) 8385-8389. doi:10.1021/jf061713p.
- [10] S.A. Tittlemier, K. Pepper, C. Seymour, J. Moisey, R. Bronson, X.L. Cao, R.W. Dabeka, Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging, *J. Agric. Food Chem.* 55 (2007) 3203-3210. doi:10.1021/jf0634045.
- [11] M. Kirk, K. Smurthwaite, J. Bräunig, S. Trevenar, R. Lucas, A. Lal, R. Korda, A. Clements, J. Mueller, B.P. Armstrong, The PFAS health study systematic literature review, *Canberra Aust. Natl. Univ.* (2018).
- [12] The interstate technology and regulatory council (ITRC), History and Use of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) found in the Environment, <https://pfas->

1.itrcweb.org/. (2020).

- [13] Santé Canada, Les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (PFAS) dans la population canadienne, <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/ressources-biosurveillance-humaine/per-polyfluoroalkyl-population-canadienne.htm>. (2021).
- [14] L.A. Schaider, S.A. Balan, A. Blum, D.Q. Andrews, M.J. Strynar, M.E. Dickinson, D.M. Lunderberg, J.R. Lang, G.F. Peaslee, Fluorinated Compounds in U.S. Fast Food Packaging, *Environ. Sci. Technol. Lett.* 4 (2017) 105-111. doi:10.1021/acs.estlett.6b00435.
- [15] K. Inoue, F. Okada, R. Ito, S. Kato, S. Sasaki, S. Nakajima, A. Uno, Y. Saijo, F. Sata, Y. Yoshimura, R. Kishi, H. Nakazawa, Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related perfluorinated compounds in human maternal and cord blood samples: Assessment of PFOS exposure in a susceptible population during pregnancy, *Environ. Health Perspect.* 112 (2004) 1204-1207. doi:10.1289/ehp.6864.
- [16] The interstate technology and regulatory council (ITRC), Per- and polyfluoroalkyl Substances (PFAS), <https://pfas-1.itrcweb.org/>. (2020).
- [17] D.J. Luebker, M.T. Case, R.G. York, J.A. Moore, K.J. Hansen, J.L. Butenhoff, Two-generation reproduction and cross-foster studies of perfluorooctanesulfonate (PFOS) in rats, *Toxicology.* 215 (2005) 126-148. doi:10.1016/j.tox.2005.07.018.
- [18] B. Qu, H. Zhao, J. Zhou, Toxic effects of perfluorooctane sulfonate (PFOS) on wheat (*Triticum aestivum* L.) plant, *Chemosphere.* 79 (2010) 555-560. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.02.012.
- [19] R.C. Grasty, B.E. Grey, C.S. Lau, J.M. Rogers, Prenatal Window of Susceptibility to Perfluorooctane Sulfonate-Induced Neonatal Mortality in the Sprague-Dawley Rat, *Birth Defects Res. Part B - Dev. Reprod. Toxicol.* 68 (2003) 465-471. doi:10.1002/bdrb.10046.
- [20] M. Ulhaq, G. Carlsson, S. Örn, L. Norrgren, Comparison of developmental toxicity of seven perfluoroalkyl acids to zebrafish embryos, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 36 (2013) 423-426. doi:10.1016/j.etap.2013.05.004.
- [21] ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Atsdr.* (2021) 24. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/286524>.
- [22] R.G. Perkins, J.L. Butenhoff, G.L. Kennedy, M.J. Palazzolo, 13-Week dietary toxicity study of ammonium perfluorooctanoate (APFO) in male rats, *Drug Chem. Toxicol.* 27 (2004) 361-378. doi:10.1081/DCT-200039773.
- [23] J.L. Butenhoff, G.L. Kennedy, S.R. Frame, J.C. O'Connor, R.G. York, The reproductive toxicology of ammonium perfluorooctanoate (APFO) in the rat, *Toxicology.* 196 (2004) 95-116. doi:10.1016/j.tox.2003.11.005.
- [24] M.-H. Li, Toxicity of Perfluorooctane Sulfonate and Perfluorooctanoic Acid to Plants and Aquatic Invertebrates, Wiley Period. Inc. (2008).

- [25] G.H. Ding, T. Frömel, E.J. van den Brandhof, R. Baerselman, W.J.G.M. Peijnenburg, Acute toxicity of poly- and perfluorinated compounds to two cladocerans, *Daphnia magna* and *Chydorus sphaericus*, *Environ. Toxicol. Chem.* 31 (2012) 605-610. doi:10.1002/etc.1713.
- [26] W. Zhang, Y. Zhang, H. Zhang, J. Wang, R. Cui, J. Dai, Sex differences in transcriptional expression of FABPs in zebrafish liver after chronic perfluorononanoic acid exposure, *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) 5175-5182. doi:10.1021/es300147w.
- [27] P.H. Lieder, R.G. York, D.C. Hakes, S.C. Chang, J.L. Butenhoff, A two-generation oral gavage reproduction study with potassium perfluorobutanesulfonate (K+PFBS) in Sprague Dawley rats, *Toxicology.* 259 (2009) 33-45. doi:10.1016/j.tox.2009.01.027.
- [28] W. Li, Y. Hu, H.N. Bischel, In-vitro and in-silico assessment of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in aqueous film-forming foam (AFFF) binding to human serum albumin, *Toxics.* 9 (2021). doi:10.3390/toxics9030063.
- [29] J.L. Alesio, A. Slitt, G.D. Bothun, Critical new insights into the binding of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) to albumin protein, *Chemosphere.* 287 (2022) 131979. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.131979.
- [30] B.J. Apelberg, F.R. Witter, J.B. Herbstman, A.M. Calafat, R.U. Halden, L.L. Needham, L.R. Goldman, Cord serum concentrations of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in relation to weight and size at birth, *Environ. Health Perspect.* 115 (2007) 1670-1676. doi:10.1289/ehp.10334.
- [31] C.C. Bach, B.H. Bech, E.A. Nohr, J. Olsen, N.B. Matthiesen, E.C. Bonefeld-Jørgensen, R. Bossi, T.B. Henriksen, Perfluoroalkyl acids in maternal serum and indices of fetal growth: The aarhus birth cohort, *Environ. Health Perspect.* 124 (2016) 848-854. doi:10.1289/ehp.1510046.
- [32] M.P. Hamm, N.M. Cherry, E. Chan, J.W. Martin, I. Burstyn, Maternal exposure to perfluorinated acids and fetal growth, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 20 (2010) 589-597. doi:10.1038/jes.2009.57.
- [33] R. Monroy, K. Morrison, K. Teo, S. Atkinson, C. Kubwabo, B. Stewart, W.G. Foster, Serum levels of perfluoroalkyl compounds in human maternal and umbilical cord blood samples, *Environ. Res.* 108 (2008) 56-62. doi:10.1016/j.envres.2008.06.001.
- [34] E.S. Barrett, C. Chen, S.W. Thurston, L.S. Haug, A. Sabaredzovic, F.N. Fjeldheim, H. Frydenberg, S.F. Lipson, P.T. Ellison, I. Thune, Perfluoroalkyl substances and ovarian hormone concentrations in naturally cycling women, *Fertil. Steril.* 103 (2015) 1261-1270.e3. doi:10.1016/j.fertnstert.2015.02.001.
- [35] G.M.B. Louis, C.M. Peterson, Z. Chen, M.L. Hediger, M.S. Croughan, R. Sundaram, J.B. Stanford, V.Y. Fujimoto, M.W. Varner, L.C. Giudice, A. Kennedy, L. Sun, Q. Wu, K. Kannan, Perfluorochemicals and endometriosis: The ENDO study, *Epidemiology.* 23 (2012) 799-805. doi:10.1097/EDE.0b013e31826cc0cf.
- [36] S. Campbell, M. Raza, A.Z. Pollack, Perfluoroalkyl substances and endometriosis in US women in NHANES 2003–2006, *Reprod. Toxicol.* 65 (2016) 230-235. doi:10.1016/j.reprotox.2016.08.009.

- [37] S.S. Knox, T. Jackson, B. Javins, S.J. Frisbee, A. Shankar, A.M. Ducatman, Implications of early menopause in women exposed to perfluorocarbons, *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 96 (2011) 1747-1753. doi:10.1210/jc.2010-2401.
- [38] M.P. Vélez, T.E. Arbuckle, W.D. Fraser, Maternal exposure to perfluorinated chemicals and reduced fecundity: The MIREC study, *Hum. Reprod.* 30 (2015) 701-709. doi:10.1093/humrep/deu350.
- [39] V. Berg, T.H. Nøst, S. Hansen, A. Elverland, A.S. Veyhe, R. Jorde, J.Ø. Odland, T.M. Sandanger, Assessing the relationship between perfluoroalkyl substances, thyroid hormones and binding proteins in pregnant women; a longitudinal mixed effects approach, *Environ. Int.* 77 (2015) 63-69. doi:10.1016/j.envint.2015.01.007.
- [40] S. Kato, S. Itoh, M. Yuasa, T. Baba, C. Miyashita, S. Sasaki, S. Nakajima, A. Uno, H. Nakazawa, Y. Iwasaki, E. Okada, R. Kishi, Association of perfluorinated chemical exposure in utero with maternal and infant thyroid hormone levels in the Sapporo cohort of Hokkaido Study on the Environment and Children's Health, *Environ. Health Prev. Med.* 21 (2016) 334-344. doi:10.1007/s12199-016-0534-2.
- [41] D.H. Kim, U.J. Kim, H.Y. Kim, S.D. Choi, J.E. Oh, Perfluoroalkyl substances in serum from South Korean infants with congenital hypothyroidism and healthy infants - Its relationship with thyroid hormones, *Environ. Res.* 147 (2016) 399-404. doi:10.1016/j.envres.2016.02.037.
- [42] M.L. Château-Degat, D. Pereg, R. Dallaire, P. Ayotte, S. Dery, É. Dewailly, Effects of perfluorooctanesulfonate exposure on plasma lipid levels in the Inuit population of Nunavik (Northern Quebec), *Environ. Res.* 110 (2010) 710-717. doi:10.1016/j.envres.2010.07.003.
- [43] M. Fisher, T.E. Arbuckle, M. Wade, D.A. Haines, Do perfluoroalkyl substances affect metabolic function and plasma lipids?-Analysis of the 2007-2009, Canadian Health Measures Survey (CHMS) Cycle 1, *Environ. Res.* 121 (2013) 95-103. doi:10.1016/j.envres.2012.11.006.
- [44] L. Lind, B. Zethelius, S. Salihovic, B. Van Bavel, P.M. Lind, Circulating levels of perfluoroalkyl substances and prevalent diabetes in the elderly, *Diabetologia.* 57 (2014) 473-479. doi:10.1007/s00125-013-3126-3.
- [45] K. Hoffman, T.F. Webster, M.G. Weisskopf, J. Weinberg, V.M. Vieira, Exposure to polyfluoroalkyl chemicals and attention deficit/hyperactivity disorder in U.S. children 12-15 years of age, *Environ. Health Perspect.* 118 (2010) 1762-1767. doi:10.1289/ehp.1001898.
- [46] G.W. Lien, C.C. Huang, J.S. Shiu, M.H. Chen, W.S. Hsieh, Y.L. Guo, P.C. Chen, Perfluoroalkyl substances in cord blood and attention deficit/hyperactivity disorder symptoms in seven-year-old children, *Chemosphere.* 156 (2016) 118-127. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.04.102.
- [47] V. Barry, A. Winquist, K. Steenland, Perfluorooctanoic acid (PFOA) exposures and incident cancers among adults living near a chemical plant, *Environ. Health Perspect.* 121 (2013) 1313-1318. doi:10.1289/ehp.1306615.
- [48] E.C. Bonefeld-Jørgensen, M. Long, S.O. Fredslund, R. Bossi, J. Olsen, Breast cancer

risk after exposure to perfluorinated compounds in Danish women: a case–control study nested in the Danish National Birth Cohort, *Cancer Causes Control*. 25 (2014) 1439-1448. doi:10.1007/s10552-014-0446-7.

- [49] K. Steenland, S. Woskie, Cohort mortality study of workers exposed to perfluorooctanoic acid, *Am. J. Epidemiol.* 176 (2012) 909-917. doi:10.1093/aje/kws171.
- [50] J.I. Lundin, B.H. Alexander, G.W. Olsen, T.R. Church, Ammonium perfluorooctanoate production and occupational mortality, *Epidemiology*. 20 (2009) 921-928. doi:10.1097/EDE.0b013e3181b5f395.
- [51] A. Shankar, J. Xiao, A. Ducatman, Perfluorooctanoic acid and cardiovascular disease in US adults, *Arch. Intern. Med.* 172 (2012) 1397-1403. doi:10.1001/archinternmed.2012.3393.
- [52] T.H. Boyer, A. Ellis, Y. Fang, C.E. Schaefer, C.P. Higgins, T.J. Strathmann, Life cycle environmental impacts of regeneration options for anion exchange resin remediation of PFAS impacted water, *Water Res.* 207 (2021) 117798. doi:10.1016/j.watres.2021.117798.
- [53] H. Holmquist, P. Fantke, I.T. Cousins, M. Owsianiak, I. Liagkouridis, G.M. Peters, An (Eco)Toxicity Life Cycle Impact Assessment Framework for Per-And Polyfluoroalkyl Substances, *Environ. Sci. Technol.* 54 (2020) 6224-6234. doi:10.1021/acs.est.9b07774.
- [54] Environnement et changement climatique Canada, Recueil des engagements du Canada aux accords et instruments internationaux sur l'environnement: Conception de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP), <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique.html>. (2020).
- [55] Ministère de la justice, Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), <http://lois-laws.justice.gc.ca>. (1999).
- [56] Ministère de la justice, Règlement sur certaines substances toxiques interdites, <http://laws-lois.justice.gc.ca>. (2012).
- [57] Santé Canada, Updates to Health Canada Soil Screening Values for Perfluoroalkylated Substances (PFAS), Canada, 2019. <http://s3.documentcloud.org/documents/2756386/Health-Canada-PFAS-Screening-Values-Fact-Sheet.pdf>.
- [58] Santé Canada, Health Canada's Drinking Water Screening Values for Perfluoroalkylated Substances, Canada, 2016.
- [59] USEPA, PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021-2024, *Epa*. 4 (2016) 1-23.
- [60] USEPA, Health Effects Support Document for Hexachlorobutadiene, (2003) 322.
- [61] Santé Canada, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO), www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-Publ. (2018).
- [62] Santé Canada, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique-L'acide perfluorooctanoïque (APFO), www.santecanada.gc.ca/eauqualite.

